E/CONF.39/A/204
30 Oct.1962
ORIGINAL : ESPAÑOL

CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS
SOBRE LA APLICACION DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA
EN BENEFICIO DE LAS REGIONES MENOS DESARROLLADAS

Punto del programa : A.4.1

España

LA ENERGIA Y EL DESARROLLO ECONOMICO EN ESPAÑA

Por Javier MOLINA,
Ingeniero Industrial,
Jefe de la Sección de Electricidad
de la Dirección General de Industria,
Secretario de la Comisión Nacional de Combustibles,
Ministerio de Industria

Las monografías presentadas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología en Beneficio de las Regiones Menos Desarrolladas constituyen documentos de trabajo de dicha Conferencia. Se publican tal como han sido presentadadas por los colaboradores y los puntos de vista expresados en ellas corresponden a los colaboradores. (Veánse notas al dorso.)

NOTAS

1. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Generales serán distribuidas en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

2. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Especiales serán distribuidas en la Conferencia únicamente en uno de los idiomas oficiales antes indicados.

3. Los resúmenes de las monografías presentadas por los colaboradores serán distribuidos en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

4. No se procederá a la distribución general de las monografías y resúmenes con antelación a la Conferencia. Únicamente serán publicadas en cantidades limitadas con antelación a la Conferencia para uso exclusivo de las delegaciones de los gobiernos participantes y de otros participantes autorizados. La publicación con posterioridad a la Conferencia y la distribución general de las actas y debates de la Conferencia seguirán las prácticas de las Naciones Unidas establecidas por la Junta de Publicaciones de las Naciones Unidas.

LA ENERGIA Y EL DESARROLLO ECONOMICO EN ESPAÑA

por Javier Molina

Ingeniero Industrial

Jefe de la Sección de Electricidad de la
Dirección General de Industria

Secretario de la Comisión Nacional de Combustibles

Ministerio de Industria

0. Introducción

Con el fín de realizar un Informe sobre las perspectivas y previsiones en cuanto a las necesidades de energía del país y los recursos precisos para atenderlas, la Presidencia del Gobierno, por Orden de 26 de julio de 1960, constituyó en el Ministerio de Industria una Comisión encargada de efectuar un estudio para establecer las previsiones de consumo de energía para un período a corto plazo, 1961-1965, y otro a más largo plazo, 1966-1975, así como de los recursos energéticos con que se estimase debían ser atendidas, teniendo en cuenta los nacionales y el complemento que podrían aportar las importaciones.

La Comisión debía tomar como base el estudio ya realizado por la Secretaría de la Comisión Nacional de Combustibles referente a producción, movimiento, transformación y consumo de las diferentes clases de energía durante el período 1945-1959, examinar y comprobar cuantos datos figuraban en el mismo y proceder a efectuar un examen de la demanda del consumo de las distintas clases de energía para los dos períodos señalados, teniendo en cuenta las técnicas más apropiadas para su determinación.

En la Comisión, presidida por el Sr. Subsecretario de Industria, Vicepresidente de la Comisión Nacional de Combustibles, estaban representados los Organismos estatales y privados relacionados, tanto con la producción como con el consumo de las diferentes clases de energía.

En el presente Informe se expone la metodología seguida por la Comisión para realizar el estudio que le fué encargado.

1. Generalidades

Los conceptos y definiciones utilizados en el Informe son análogos a los que figuran en los estudios de la Comisión Consultiva de la Energía y del Comité de Energía de la Organización de Cooperación y de Desarrollo Económicos (OCDE) y de la Secretaría de la Comisión Económica para Europa (CEE), por lo que los datos que se exponen pueden compararse con los de los demás países que integran los citados Organismos, ajustándose a las encuestas que éstos realizan.

La clasificación de las energías consideradas en el estudio es la siguiente:

ENERGIAS PRIMARIAS COMERCIALES	Combustibles minerales sólidos	Carbones: Hulla, Antracita, Lignito
	Petróleo bruto	
	Energía hidroeléctrica	
ENERGIAS SECUNDARIAS	Combustibles sólidos	Coque de coquerías
		Coque de gas
		Aglomerados de hulla
	Combustibles líquidos	Gasolina avión
		Gasolinas auto
		Carburante agrícola
		Carburreactor J.P.4
		Keroseno corriente
		Gas oil
		Diesel oil
		Fuel oil
		Butano
		Gases de Refinería
	Combustibles gaseosos	Gas de Coquerías
		Gas de Ciudad
	Energía termoeléctrica	

Los recursos de energía primaria comercial que se aprovechan industrialmente en nuestro país, hasta el momento, son los carbones, el lignito y la energía hidroeléctrica. Para el futuro serán importantes los recursos de combustibles nucleares, de los cuales existen disponibilidades y cuya exploración se realiza al presente.

Se ha prescindido de las energías primarias convencionales no comerciales, como la madera y la turba y de las energías no convencionales, como la eólica y la solar. Tampoco se ha tenido en cuenta la energía correspondiente al gas de altos hornos.

El período y los años elegidos como referencia en el Informe son los mismos que los considerados en los Informes Hartley, Robinson, Paley y de la Comisión Económica para Europa. El año base es el de 1955 y el último que abarca el Informe 1975. Se han recogido los datos de cada uno de los años del período 1945-1959 y se han establecido las previsiones de la demanda y producción para cada uno de los años del período 1961-1965 y el año 1975. De esta forma, el período total que abarca el Informe puede considerarse dividido en los cuatro parciales siguientes:

- 1945-1955, de pasado lejano y comprende 11 años
- 1955-1959, de pasado inmediato y comprende 5 años
- 1961-1965, de futuro inmediato y comprende 5 años
- 1965-1975, de futuro lejano y comprende 11 años.

No se tuvo en cuenta el año 1960, por no disponer en aquel entonces de datos completos referentes al mismo.

La unidad común utilizada para expresar las cantidades que corresponden a las diversas clases de energía ha sido la hulla de 7.000 Kcal/kg. Los factores de conversión adoptados son semejantes a los utilizados en los estudios de la OCDE, CEE y CECA, excepto en lo que se refiere al lignito, energía eléctrica y gas de ciudad, adaptados a las características de la producción actual de nuestro país de estas energías cuyos valores respectivos son 0,5, 0,575 y 0,443.

Claro es que al efectuar comparaciones de los datos relativos a nuestro país con los de los países encuadrados en los Organismos Internacionales citados se han utilizado los mismos factores de conversión adoptados por éstos.

Los sectores de consumo considerados y los grupos de consumidores que los integran son los siguientes:

Sectores de consumo	Industria	Siderurgia
		Electroquímica y electrometalurgia
		Industria, excluídas las anteriores
	Transportes	Ferroviarios
		Carretera
		Marítimos
		Aéreos
	Usos diversos	Hogares domésticos
		Alumbrado público
		Agricultura
		Flota pesquera
		Estado

Para el cálculo del consumo final útil de energía por los diferentes grupos de consumidores, los rendimientos aplicados son iguales a los que figuran en el estudio de la CECA.

2. Previsiones de la demanda final de energía

Se han establecido tres series de valores. La primera se ha calculado por correlación entre el consumo total de energía y el desarrollo económico. La segunda se ha obtenido siguiendo el mismo método de cálculo, pero aplicándole a los diferentes sectores parciales que integran el consumo total. La tercera serie de valores es el resultado del cálculo efectuado por las diferentes Ponencias, constituídas al efecto y reajustado por la Comisión, teniendo en cuenta el mayor número de factores que pueden influir sobre la evolución del consumo final de energía y sobre su estructura, para cada uno de los sectores.

a) Previsiones de la demanda final total de energía correlativas con el desarrollo económico.

El período básico considerado para efectuar las previsiones del crecimiento anual de la renta por habitante, en pesetas del año 1959, es el 1950-1959, no habiéndose considerado los años anteriores por haberse estimado han sido anormales a estos efectos.

El valor medio del crecimiento anual de la renta por habitante, en pesetas del año 1959, durante el período 1950-1959 ha sido de 4'8 %. Este valor es el considerado como tipo de crecimiento histórico medio de la renta por habitante y a él corresponde, desde el punto de vista teórico, la hipótesis media de trabajo establecida.

No pudiendo descartarse la posibilidad de que, por la acción conjunta o unilateral de algunos factores económicos, el tipo de crecimiento histórico sea superior o inferior al considerado como medio, se han adoptado dos hipótesis extremas, máxima y mínima, a las que se ha asignado unos tipos de crecimiento del 5'3 y del 4'3 %, respectivamente. De esta forma se define una "región de confianza", dentro de la cual quedará comprendido el "grado de desarrollo" real.

El estudio del coeficiente de correlación entre la renta por habitante, en pesetas del año 1959 y el consumo final total de energía por habitante para el período 1950-1958, arroja el resultado de r = 0'96, lo que denota una correlación muy acusada.

La elasticidad media de la demanda de energía por habitante respecto a la renta por habitante ha resultado ser e = 1'34.

Aplicando este valor de la elasticidad a los tipos de crecimiento histórico de la renta anual por habitante establecidos, resultan los siguientes crecimientos anuales del consumo final anual de energía por habitante:

- hipótesis mínima 5'7 %
- " media 6'4 %
- " máxima 7'1 %

Estos crecimientos han sido los adoptados por la Comisión.

b) Previsiones de la demanda final de energía por sectores de consumo correlativas con el desarrollo económico.

El método aplicado es el mismo utilizado para calcular las previsiones de la demanda final total de la energía correlativa con el desarrollo económico.

Del examen de los valores obtenidos se deduce:

i) en los sectores de los transportes aéreos, del Estado y del alumbrado público las correlaciones, de menor a mayor respectivamente, son muy bajas. Sin embargo, los consumos respectivos son los más reducidos de todos y la influencia de las cifras de las previsiones que les corresponden sobre la del conjunto es muy pequeña;

ii) en los sectores de las industrias electroquímica y electrometalúrgica, de la industria siderúrgica y de los transportes ferroviarios, las correlaciones, de menor a mayor respectivamente, no son altas, por lo que, siendo sus consumos de la mayor importancia, se han establecido las previsiones con el máximo detalle, en correspondencia con programas lo más definidos posible;

iii) en los restantes sectores las correlaciones son altas y, por ello, en el establecimiento de las previsiones correspondientes se han tenido en cuenta, en mayor grado que en los demás sectores, las tendencias históricas.

Al comparar las previsiones parciales obtenidas con la total calculada anteriormente, ha de tenerse en cuenta que, al ser distintas las correlaciones que corresponden a las primeras y la relativa a la última, las elasticidades calculadas no tienen el mismo valor y, por tal razón, la suma de estas previsiones parciales no coinciden con la calculada para el total, resultando ser aquella superior en un 3 % para 1965 y un 11 % para 1975. A pesar de estas discrepancias, la comparación de los datos calculados teóricamente por sectores con la tercera serie de valores determinada por la Comisión no pierde interés dentro de cada sector.

Se han estudiado por separado y utilizando métodos diferentes las previsiones relativas al período 1961-1965 y las que se refieren al año 1975, debido a la posible mayor aproximación que puede obtenerse al establecer las primeras, que se han basado en una serie de justificaciones, lo más detalladas posible, que pueden considerarse como lógicas a corto plazo, pero que es probable pierdan valor al extenderlas a largo plazo. Por ello, las previsiones relativas a 1975 han sido establecidas bajo otros supuestos, de carácter más amplio, basados en el análisis de la evolución de los aumentos anuales del consumo final total de energía por habitante durante el período de veinte años 1945-1965 y su proyección al llegar a 1975, para cada uno de los sectores considerados, a excepción del siderúrgico y de parte del ferroviario, para los cuales se han tenido en cuenta programas definidos de expansión.

c) Previsiones de la demanda final de energía por sectores de consumo adoptados por la Comisión.

Los valores correspondientes a estas previsiones son los que constituyen la tercera serie de valores a que se ha hecho referencia anteriormente.

Las sumas de los valores que corresponden a estas previsiones coinciden con las relativas a las previsiones, para los mismos años, de la demanda final total correlativa con el desarrollo económico calculado en a). Al comparar estas previsiones parciales con las anteriormente calculadas en correlación con el desarrollo económico por sectores se ha comprobado que existen profundas diferencias en algunos sectores, lo que resulta lógico al haberse considerado en varios de los mismos programas definidos de expansión.

Teniendo a la vista el análisis de la evolución del consumo de cada clase de energía por cada uno de los sectores considerados durante el período 1950-1958 y los programas de expansión citados anteriormente, se ha determinado por la Ponencia correspondiente, para cada uno de los años del período 1961-1965, las previsiones relativas a la estructura futura del consumo final total de energía, o sea, las previsiones de consumo de cada clase de energía que contribuirán al total para cada uno de dichos sectores.

Estas comparaciones tienen especial interés en aquellos sectores que consumen energías sustituibles entre sí, en los que, por esta circunstancia, las previsiones de la estructura de su consumo tiene carácter más aleatorio, debido a la diversidad de los factores que pueden influir en un sentido o en otro. Al hacer dicho análisos no se han tenido en cuenta más que las energías utilizadas principales.

En lo que concierne al año 1975, se ha estimado no variará la estructura del consumo para los distintos sectores considerados, por no ser sustituibles las distintas clases de energía que lo integran -teniendo en cuenta la desaparición en algunos sectores de combustibles que en el momento presente se utilizan, como, por ejemplo, la hulla en los transportes ferroviarios y marítimos-, a excepción de los sectores "industria, excluídas las siderúrgica y las electroquímica y electrometalúrgica" y "hogares domésticos", para los cuales los porcentajes del consumo total que corresponden a los combustibles sólidos se han mantenido del mismo orden que los previstos para 1965. En lo que se refiere a la concurrencia entre los combustibles líquidos y la electricidad, se han modificado ligeramente los porcentajes que representan sus consumos respecto al total, adaptándolos a las tendencias generales de desarrollo de dichas energías consideradas en su total respectivo, debiendo observarse que circunstancias de precio, comodidad de empleo, facilidad de suministro y posibilidades de almacenamiento pueden hacer variar la estructura prevista.

3. Previsiones del consumo de energía primaria con fines de transformación.

Las necesidades de energía primaria destinada a su transformación en secundaria han sido calculadas a partir de las que corresponden a la hipótesis media de trabajo adoptada para el consumo final de energía.

En el cálculo de las necesidades de combustibles para la obtención de energía termoeléctrica, se han considerado tres situaciones, las de año muy seco, año medio y año húmedo, por su influencia en la producción hidroeléctrica. Las necesidades de combustibles que corresponden al año medio se han incorporado a la hipótesis media de trabajo establecida para el consumo final y las relativas a los años muy seco y húmedo a la hipótesis máxima y mínima de dicho consuño, respectivamente, cuyas diferencias con la hipótesis media se han estudiado después, como variantes, al tratar del consumo bruto.

Tanto en las previsiones de necesidades de energía para transformación establecidas para el período 1961-1965 como en las que corresponden al año 1975, se ha supuesto que la totalidad de la energía secundaria precisa, a excepción de la gasolina aviación, será obtenida en el país, criterio revisado más adelante, al comparar las previsiones del consumo bruto de energía primaria con las de la producción de la misma.

4. Previsiones del consumo bruto de energía primaria.

Para la hipótesis media de trabajo establecida, las previsiones del consumo bruto son la suma de los valores que corresponden al consumo final directo y al consumo para transformación, señalados anteriormente, a los que se han añadido los valores de los consumos propios y de las pérdidas, estimados en porcentajes de la citada suma de los dos primeros, para cada una de las energías primarias consideradas.

Las variantes de la hipótesis media de trabajo establecida que se han considerado en el Informe son las que siguen:

a) variantes del consumo final de energía debidas a discrepancias en las estimaciones efectuadas por diferentes miembros de la Comisión; su importancia es escasa respecto al total respectivo.

b) variantes del consumo final de energía que corresponden a las de la hipótesis media del crecimiento anual de la renta por habitante; su importancia es mayor que la de las anteriores, menos en lo que se refiere a la antracita.

c) variantes del consumo bruto de energía primaria debidas a posibles variaciones de la hidraulicidad del año; son las más importantes de todas.

d) variantes del consumo bruto de energía primaria debidas a una posible exportación de energía eléctrica a Francia.

5. Previsiones de la producción de energía primaria.

Se ha estudiado la cuantía de las reservas existentes de combustibles sólidos primarios y energía hidroeléctrica, así como los principales problemas que plantea su aprovechamiento, tanto desde el punto de vista de la producción como del consumo y, por último, las posibilidades de desarrollo de la producción para los años 1965 y 1975.

También se han examinado datos y consideraciones sobre los trabajos de investigación que se vienen efectuando sobre petróleo bruto y gas natural, así como sobre nuestras reservas de combustibles nucleares.

Las previsiones de producción de energías primarias para el año 1965, estima la Comisión pueden alcanzarse sin gran esfuerzo y corresponden a un desarrollo normal de las empresas que efectúan aprovechamientos de estos recursos. En cuanto al año 1975, las previsiones efectuadas, en lo que se refiere a puesta en servicio de nuevos recursos, tienen una importancia relativa en nuestro caso, por la circunstancia, desgraciada para nosotros, de no disponer de éstos en cantidad suficiente para que, con su explotación, se obtengan las diferentes clases de energía que nos son precisas para satisfacer las necesidades del consumo previstas para dicho año.

En lo que se refiere a hulla y antracita estima la Comisión que hasta 1965 las diferencias entre los consumos máximos y los mínimos podrán ser satisfechos con las variaciones de stocks posibles, siempre y cuando los años adversos no se presenten seguidos. Para 1975 las diferencias son muy grandes, por lo que la Comisión estima que, para satisfacer las necesidades del consumo resultantes de las previsiones efectuadas y teniendo en cuenta el posible juego de los stocks y posibilidades de producción del lignito, aún cuando éstas todavía no están suficientemente estudiadas, será preciso efectuar una importación de carbón del orden de 8 a 10 millones de toneladas.

En lo que respecta a la energía hidroeléctrica, en el caso de que no pudieran cumplirse los programas de nuevas construcciones señalados, habría que producir mayores cantidades de energía termoeléctrica, que en años muy secos tendría que proceder de centrales que queman fuel oil, por lo que sería necesario producir o importar mayor cantidad de este combustible en dichos años.

En relación con los combustibles líquidos es preciso tener presente las inversiones que es necesario realizar para el refino del petróleo bruto, por lo que quizás fuera prudente ponderar los límites de la capacidad de refino dentro del total consumo de productos petrolíferos.

6. Previsiones de la importación de energía.

Se han obtenido por diferencia entre las previsiones del consumo bruto y de la producción de cada una de las energías primarias consideradas correspondientes a las hipótesis máxima, media y mínima del primero para cada uno de los años del período 1961-1965 y del año 1975, teniendo en cuenta el posible juego de los stocks y el aumento de la posibilidad de producción de lignito.

7. Inversiones necesarias.

Las inversiones necesarias en cada año se han calculado multiplicando los incrementos anuales medios de producción de cada clase de energía resultantes de las previsiones efectuadas por los costes unitarios correspondientes estimados por la Comisión.

8. Resumen de las previsiones medias adoptadas en lo que se refiere a las energías primarias.

Concepto	Años	Hulla 10^3 t	Antracita 10^3 t	Lignito 10^3 t	Petróleo bruto 10^3 t	Hidroelectricidad GWh
Consumo final directo	(1955	5.597	1.850	1.059	-	7.034
	(1965	6.220	3.503	1.326	-	20.880
	(1975	11.540	8.400	2.000	-	30.840
Consumo transformación	(1955	4.769	429	680	3.132	-
	(1965	7.119	943	636	10.985	-
	(1975	10.670	2.840	3.490	23.500	-
Consumo bruto total	(1955	11.122	2.243	1.774	3.132	9.069
	(1965	14.406	4.668	2.061	10.985	24.939
	(1975	24.000	11.800	5.800	23.500	36.800
Producción	(1955	10.666	1.959	1.828	-	8.936
	(1965	13.390	4.000	3.450	-	24.940
	(1975	18.500	5.550	6.300	-	36.840
Saldo Importación	(1955	501	- 67	-	4.157	133
	(1965	1.020	670	-	11.096	-
	(1975	5.500	6.250	-	23.650	-

Para el año 1975 se ha previsto, además, la utilización de 290 t de uranio para la producción de energía eléctrica.

1350 S - Nov.1962 - 600

E/CONF.39/A/205
30 Oct.1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A.4.1.2

Roumanie

LE DÉVELOPPEMENT DE L'ÉNERGÉTIQUE BASÉ SUR LA CONNAISSANCE DES RESSOURCES D'ÉNERGIE, DES BESOINS PRÉVISIBLES ET DU BILAN ÉNERGÉTIQUE A LONGUE ÉCHÉANCE

Par le Prof. R. RADULET,
Membre correspondant de l'Académie
de la République Populaire Roumaine,
Directeur de l'Institut d'Energétique
de l'Académie de la République Populaire Roumaine

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

LE DEVELOPPEMENT DE L'ÉNERGÉTIQUE BASÉ SUR LA CONNAISSANCE DES RESSOURCES D'ENERGIE, DES BESOINS PRÉVISIBLES ET DU BILAN ÉNERGETIQUE À LONGUE ÉCHÉANCE

Prof.R.Radulet Membre correspondant de l'Académie de la République Populaire Roumaine, Directeur de l'Institut d'Énergétique de l'Académie de la République Populaire Roumaine

Le développement économique et la demande d'énergie

1. Le niveau de vie d'un pays dépend surtout du niveau industriel du pays respectif.

2. Le développement de l'industrie implique cependant une croissance de la consommation d'énergie et de chaleur et notamment d'énergie électrique. Ainsi, un accroissement de 1% de la production industrielle entraîne un accroissement de la production d'énergie primaire de o,7 à o,8 et un accroissement de 1,1 à 1,2% de la production d'énergie électrique. En Roumanie, par exemple, - pays de 18,5 millions d'habitants et avec une superficie de 24o.ooo km² - la production industrielle a augmenté de 3,4 fois dans la période de 195o-196o. La production d'énergie primaire a augmenté dans la même période, de 2,4 fois (de 14,9 10^6 t.c.c.[x] à 35,2 10^6 t.c.c.) tandis que la production d'énergie électrique a augmenté de 3,6 fois (de 2,1 10^9 kWh à 7,7 10^9 kWh).

3. Comme, à l'encontre des pays à niveau industriel élevé, les pays en cours de développement ne disposent, en général, que de faibles moyens pour l'importation d'énergie, il faut, pour couvrir les demandes d'énergie, que requiert le développement de l'industrie, qu'ils concentrent leurs efforts surtout sur l'emploi de leurs propres ressources. A cet effet, ils disposent, en général, de réserves entamées seulement en partie et non sollicitées à la limite supérieure de leurs possibilités; ces pays n'ont encore qu'une connaissance insuffisante de leurs ressources; ils ne disposent que de trop peu de spécialistes dans le domaine envisagé et leur système énergétique n'est que partiellement développé. Aussi rencontrent-ils des difficultés dans le problème du recouvrement des fonds importants qui ont été investis et que réclame la nécessité du développement rapide de leur économie énergétique.

4. Au début de leur industrialisation, les difficultés, que les pays en cours de développement rencontrent, ne sont pas limitées aux investissements et à la formation de spécialistes. Il faut encore que la connaissance insuffisante des propres ressources énergétiques soit évitée par l'établissement d'un inventaire qui doit comprendre également les éléments techniques et économiques indiqués pour l'emploi de ces ressources. Il faut que la prévision du nécessaire

[x] Tonnes de combustible conventionnel.

en énergie, notamment en énergie électrique, établie pour une période d'au moins dix années, crée la possibilité de l'élaboration d'un programme de perspective, tout au moins en ce qui concerne les principaux objectifs énergétiques, ce qui réclame des investissements importants. Il faut également que la méthode, à laquelle on aura eu recours pour dresser le bilan énergétique, soit vérifiée par plusieurs années d'expérience - afin qu'elle puisse servir à l'élaboration d'un bilan énergétique de perspective optimal, servant de base au programme et à la coordination de l'emploi complet et rationnel des ressources énergétiques du pays.

Inventaire des ressources énergétiques classiques

5. Méthode employée en Roumanie pour inventorier les ressources hydroénergétiques. La République Populaire Roumaine présente un relief varié et équilibré, et un réseau hydrographique; la densité moyenne de la longueur des cours d'eau est de o,49 km/km^2. L'inventaire des ressources hydroénergétiques en vue de leur utilisation rationnelle était devenu dans la période d'après-guerre d'autant plus nécessaire que le régime politique roumain antérieur n'accordait qu'un faible intérêt à ce problème.

6. Au cours de la réalisation du premier plan décenal d'électrification du pays (1951-196o) ont été créés les éléments permettant d'aborder le problème de l'utilisation complexe des eaux. C'est ainsi qu'il a créé un reseau de plus de 35o stations hydro-météorologiques et des instituts spécialisés de recherches et d'études, qui ont abordés les problèmes pratiques soulevés par l'emploi complexe des eaux. On a commencé la construction de centrales hydroélectriques douées de lacs d'accumulation permettant la régulation des débits naturels et l'alimentation en eau nécessaire aux irrigations. La plus grande des nouvelles installations est l'hydro-centrale V.I.Lenin de Bicaz, de 21o MW, sa production anuelle d'énergie sera de près d'un demi-milliard de kilowatts-heures. L'exécution de ces grands travaux a nécessité la création d'un Comité d'Etat pour les Eaux, qui comprend des instituts d'études, recherches et projets de spécialité et qui coordonne les problèmes concernant l'emploi des cours d'eau. L'action de recuillir et de systématiser les données hydro-météorologiques est coordonnée par la Direction Générale des Eaux, faisant partie de ce Comité, qui s'occupe également de l'amélioration permanente du réseau hydro-météorologique et de l'outillage de mesure. La Direction Générale pour les Amélioration Foncières, faisant partie du même Comité, s'occupe des recherches et des études, ainsi que de l'établissement des projets concernant, d'une part, l'utilisation des eaux pour les irrigations et, d'autre part, la récuperation par assèchement des terrains, en vue de leur emploi à des fins agricoles. Un Institut d'Etudes et de Projets Energétiques s'occupe des projets d'aménagements hydro-énergetiques, tandis qu'un Institut d'Energetique, de l'Académie de la République Populaire Roumaine se préoccupe également des questions d'hydro-énergétique ainsi que de l'emploi complexe des ressources énergétiques. Ce dernier institut a commencé dès 1957, a dresser l'inventaire méthodique de toutes les ressources hydro-énergétiques du pays et à établir, en collaboration avec le Comité d'Etat pour les Eaux et avec L'Institut d'Etudes et Projets Energétiques, le premier atlas des ressources hydro-énergétiques de la République Populaire Roumaine. Cette action a impliqué d'amples travaux statistiques sur les 12 principaux bassins hydrographiques, suivies d'une synthèse générale embrassant l'ensemble du territoire; cette synthèse sera publiée au cours de l'année 1963.

7. On a été obligé de dresser cet atlas sur des données très amples, mais non uniformes, - c'est-à-dire dans des conditions apparaissant dans d'autres pays en cours de développement et présentant, par conséquent, de l'intérêt en tant qu'exemples. Les données dont on a disposé comprenaient des intervalles de temps variant de 2 à 3 ans jusqu'à 12o ans. On a choisi comme base une durée "normale" de 3o années, pas trop longue par rapport aux intervalles sur lesquels on a disposé de données, mais n'en étant pas moins représentative. On a établi les débits moyens de la durée normale, les débits semi-permanents à 5o% de sûreté, ainsi que les débits minimaux à 95% de sûreté. Pour les centrales (stations) où la durée des mesurages a été courte, cette durée a été prolongée jusqu'à la période normale, par corrélation avec d'autres centrales (stations). Les résultats ont été représentés par des isolignes pour toute l'année moyenne de la période normale, tant pour le semestre d'hiver (1-er octobre - 31 mars), que pour le semestre d'été (I-er avril- 3o septembre). Le potentiel hydro-énergétique théorique du pays a été déterminé d'une part comme potentiel de surface, en partant des précipitations (données qui, en général, existent même dans les pays en voie de développement, pour un assez grand nombre d'années) et, d'autre part, comme potentiel linéaire des rivières. La durée de la période normale a été déterminée à l'aide de la formule

$$K_Q = \frac{Q}{Q_m},$$

où Q désigne le débit annuel mesuré, Q_m le débit annuel moyen durant toute la période considérée, et n la longueur de la période normale en années, à condition toutefois que le facteur k_a ainsi obtenu soit inférieur à 0,05. Les pays ne disposant pas du minimum de données requises par l'emploi des méthodes appliquées en Roumanie ne sauraient employer, afin d'évaluer leur potentiel hydro-énergetique, que des méthodes fondées sur l'existence d'une corrélation entre les divers éléments hydrologiques, climatologiques. Cette méthode est sujette à de grandes imprécisions.

8. Méthode employée, pour inventorier, les ressources thermo-énergétiques. Lorsqu'on calcule les délais d'épuisement des réserves épuisables connues d'un pays, on commet souvent l'erreur de ne pas prendre en considération le caractère plus ou moins exponentiel de l'accroissement de la consommation d'énergie. Si l'on admet un accroissement à un taux annuel constant, le délai d'épuisement sera calculé au moyen de la formule :

$$T_e = \frac{\lg \left/ 1 + \frac{R_o}{C_o} (q - 1) \right/}{\lg q}$$

où :

R_o désigne la réserve connue pour une année precisée; C_o la consommation d'énergie primaire pour la même année; q la fraction d'accroissement annuel de la consommation

$$q = \frac{C_i}{C_{i-1}}$$

et T_e le délai d'épuisement, en années.

9. En admettant un accroisement annuel de 4 à 5% de la consommation d'énergie primaire, ce qui n'est point exagéré, on trouve, pour la majorité des pays, un délai d'épuisement des réserves connues de 5o à 15o années. Il s'ensuit donc la nécessité de découvrir et de connaître les nouvelles ressources énergétiques des pays. Afin que les prospections géologiques nécessaires à cette fin puissent continuellement répondre aux éxigences du développement de l'ensemble de l'économie nationale, elles devront être entreprises de manière organisée et coordonnées par des organes d'état.

1o. L'inventaire des ressources thermo-énergétiques de la Roumanie a commencé lui aussi en 1957, également sous les directives de l'Institut d'Energétique. Cet inventaire a été basé principalement sur les travaux systématiques du Comité Géologique, qui ont impliqué des dépenses considérables.

11. L'Atlas des ressources thermo-énergétiques traite l'ensemble des problèmes de tous les combustibles classiques du pays, non seulement au point de vue géologique, mais aussi au point de vue technique et économique. Il a été dressé par l'Institut d'Energétique, en collaboration avec le Comité Géologique et le Ministère des Mines et de l'Energie Electrique.

12. L'inventaire et la détermination du caractère des ressources thermo-énergétiques on été conçus de manière à permettre la connaissance complexe des réserves disponibles et des conditions naturelles - géographiques, géologiques etc. qui conditionnent leur exploitation efficiente. On a également présenté l'état actuel de leur exploitation, les installations pour leur transformation et leur préparation, ainsi que les principaux domaines de consommation de combustible, de même que leur probable évolution future.

13. L'Atlas comprend quatre parties: la géologie de la République Populaire Roumaine; le charbon; le pétrole brut et les gaz naturels; les autres ressources thermo-énergétiques.

14. Les difficultés rencontrées lors de l'élaboration d'un tel travail résident sourtout dans l'immensité du volume de données qui doivent être recueillies et systématisées. En l'absence de prospections géologiques systématiques, nécessaires à l'élaboration d'un tel atlas, un pays en cours d'industrialisation ne peut pas encore passer à l'emploi rationnel de ses ressources de combustible. Le travail offre, en outre, aux spécialistes travaillant dans les domaines les plus divers, la possibilité d'obtenir rapidement des données et des informations concernant les combustibles d'un pays, ce qui justifie l'effort requis par son élaboration.

15. Inventaire d'autres ressources énergétiques. La plupart des pays en voie de développement se trouvent dans des régions dont la température moyenne est élevée. Dans ces conditions, il est intéressant de considérer l'emploi de l'énergie solaire, qui ne requiert que des investissements réduits, tout en étant capable de résoudre les problèmes locaux dans la première étape de développement, alors que les réseaux pour le transport de l'énergie et des combustibles sont encore peu

développés. L'emploi de l'énergie éolienne pose un problème similaire. La connaissance des possibilités d'emploi offertes par ces sources d'énergie impose l'élaboration d'un cadastre de l'énergie solaire et éolienne, qui ne réclame pas de grands efforts de recherche et de travail.

Prévision du nécessaire d'énergie

16. Prévision du nécessaire d'énergie fondée sur des méthodes analytiques. La prévision du nécessaire d'énergie peut être faite à l'aide de deux catègories de méthode distinctes : analytiques et globales. Dans les méthodes analytiques, c'est à dire par secteurs de l'économie nationale, la prévision se fait en analysant chaque secteur et même chacun des produits les plus importants (pétrole, acier, ciment, etc), et en établissant une dynamique de la consommation spécifique d'énergie pour chaque branche de production. A cet effet, il faut connaître, dans ses grandes lignes, la technologie recommandée, ainsi que l'importance relative des diverses installations dans la production respective, afin d'être à même d'en établir la dynamique; on tient aussi pour connu le volume de la production, avec une précision suffisante, pour la période de prévision. Pour les secteurs non productifs, on établit par diverses méthodes, la consommation probable, en la déduisant de l'analyse de la progression de la consommation dans le passe. La méthode, appliquée en Roumanie dans quelques secteurs, a donné de bons résultats; elle est cependant très laborieuse parce qu'elle implique, pour son application, de nombreuses études de détail et parfois d'un volume considérable.

17. Prévision du nécessaire d'énergie basée sur les méthodes globales. La prévision du nécessaire d'énergie peut être faite aussi en employant les méthodes globales, qui sont bien plus rapides et moins prétentieuses sous le rapport du nombre des données nécessaires. Les méthodes globales peuvent être partagées en deux catégories : méthodes fondées sur des séries de temps, et méthodes fondées sur des corrélations avec des index économiques synthétiques.

17 a. Les premières s'appuient sur l'extrapolation de certaines séries statistiques en fonction du temps, en admettant une loi bien déterminée pour la variation de ces séries, ou bien le taux moyen annuel de l'augmentation des nécessités d'énergie. Les amples recherches effectuées par l'Institut d'Energétique de l'Académie de la République Populaire Roumaine ont montré que dans les pays en voie de développement le taux "q" est variable; au début du processus d'industrialisation, il recoit des valeurs importantes (1,35-1,15) qui baissent lentement, bien que de manière non uniforme, a un niveau inférieur, de 1,05 à 1,12, avec une tendance à se fixer près d'une valeur constante.

17 b. La méthode de la corrélation du nécessaire d'énergie avec les index économiques synthètiques utilise l'indice de la production industrielle, l'indice du revenu national, l'indice du produit social et l'indice de la productivité du travail. Dans cette méthode, comme première approximation, on admet, entre ces grandeurs une corélation du type

$$W = C_o + C_1 X + C_2 X^{\alpha}$$

où W désigne la consommation d'énergie;
X désigne l'indexe économique synthétique respectif;
α est une constante qui, pour l'énergie électrique revêt des valeurs entre 1 et 2 et pour l'énergie primaire revêt des valeurs entre 0 et 1; C_o, C_1 et C_2 sont des constantes déterminées par les méthodes de la statistique mathématique.

17c. La méthode des corrélations donne de bons résultats pour une période de 5 à 10 années, si on l'applique à des pays dont l'économie est planifiée.

18. La précision des prévisions d'énergie et de puissance. La prévision d'une grandeur donnée peut être établie par diverses méthodes en partant de données initiales concernant des grandeurs diverses. Cependant, quelles que soient les grandeurs de base admises ou les méthodes appliquées, les prévisions à court terme sont plus sûres que les prévisions à long terme. L'expression correcte de la prévision d'une grandeur se fait par un intervalle de valeurs et non par une seule valeur : une prévision n'est complètement déterminée que par trois valeurs, dont les deux premières indiquent l'intervalle dans lequel on devra trouver la grandeur prévue, tandis que la troisième indique la probabilité que la grandeur prévue prenne des valeurs comprises dans l'intervalle indiqué par la prévision. Pour la consommation d'énergie, l'Institut Energétique a obtenu cette probabilité en appliquant les méthodes de la statistique mathématique aux variables aléatoires représentées par la grandeur même à prévoir et par les grandeurs de base avec lesquelles celle-ci est en corrélation et notamment en calculant la fonction différentielle de répartition de cette consommation fonction du type de la fonction différentielle de répartition (supposée gaussienne) des taux de variation annuelle de la consommation d'énergie, considérés comme variables aléatoires. On a pu déterminer de la sorte l'affaiblissement en temps du degrès de sûreté de la prévision, fonction de la répartition statistique de données originaires.

Méthode pour déterminer le bilan énergétique a longue échéance

19. Recherches économiques permettant d'obtenir le bilan énergétique de perspective optimal. L'élaboration du bilan énergétique de perspective (DEP) requiert la détermination préalable du nécessaire d'énergie utile (chaleur, énergie mécanique, énergie chimique, énergie radiante), à divers paramètres et par contres de consommation.

20 a. La facon la plus simple de déterminer le BEP consiste à établir les transformations techniquement possibles et économiquement réalisables des formes d'énergie primaire dans les formes d'énergie utile demandée et, en partant du nécessaire d'énergie utile connu, à établir ainsi le niveau d'exploitation des sources d'énergie primaire. De cette manière, on peut établir un nombre limité de variantes du BEP, que l'on compare entre elles au point

de vue des dépenses annuelles calculées[a]. On choisit ensuite la variante caractérisée par les plus petites dépenses annuelles calculées.

b. Cette manière d'établir le BEP ne permet de tenir compte ni de toutes les transformations énergétiques possibles, ni de l'interchangeabilité des diverses transformations et des diverses formes d'énergie primaire requises pour satisfaire aux mêmes consommations utiles, ni, enfin, des possibilités de satisfaire à la même consommation d'énergie utile, fournie par diverses sources ayant la même forme d'énergie primaire. L'efficacité économique de la variante du BEP choisie dépend des connaissances et de l'expérience de la personne qui élabore les variantes du BEP. Aussi, la manière d'élaborer le BEP ci-dessus présentée a-t-elle un caractère qui dépend plus ou moins d'éléments subjectifs.

21 a. Afin de déterminer de manière objective la variante BEP optimale du point de vue économique, il faut analyser la structure du bilan énergétique. On constate qu'un système énergétique - pour lequel on peut dresser un bilan énergétique - peut être décomposé en chaînes énergétiques comme éléments de base. Une chaîne énergétique est réalisée par une certaine succession d'installations pour la préparation et la transformation du combustible et pour le transport du combustible et de l'énergie à des distances déterminées l'une par rapport à l'autre et situées entre une source d'énergie primaire géographiquement précisée et un centre de consommation, dont la consommation utile a une certaine forme et une valeur donnée.

b. Dans les fig.1 et 2 on représente une chaîne énergétique simple et une chaîne énergétique complexe.

c. Chaque installation énergétique peut être caractérisée par trois grandeurs générales; les investissements spécifiques (investissements correspondant à l'unité d'énergie produite annuellement), les dépenses spécifiques à la production (dépenses requises par l'installation considérée afin de produire une unité d'énergie), et le rendement de l'installation.

d. En composant de manière appropriée ces trois grandeurs générales pour toutes les installations faisant partie d'une chaîne énergétique, on obtient les investissements spécifiques, les dépenses spécifiques et le rendement d'une chaîne énergétique donnée (i_i, c_i,

---

a) Les dépenses annuelles calculées pour une installation ou pour un système d'installation sont désignées par la somme :

$$K = C + \frac{I}{T_n}$$

où:

C - dépenses annuelles proprement dites;
I - investissements totaux;
T_n - le délai de recouvrement normalisé.

η_i). Ces grandeurs sont des fonctions de la valeur de l'énergie utile fournie par la chaîne énergétique du consommateur. L'indice i des grandeurs i_i, c_i, η_i exprime : la nature de l'énergie utile, le centre de consommation, la structure de la chaîne énergétique considérée, la nature de l'énergie primaire et le centre de la production de l'énergie primaire.

e. On peut, dans une situation donnée des sources et des consommateurs d'énergie, établir le nombre des chaînes énergétiques au moyen desquelles il est possible, théoriquement, de satisfaire un nécessaire d'énergie utile. Avec ces chaînes on peut établir un nombre illimité de variantes du BEP, puisque la valeur de la consommation d'énergie utile fournie par une chaîne énergétique donnée est indéterminée. Il y a cependant une variante du BEP qui est optimale du point de vue économique, c'est-à-dire qu'elle conduit à un minimum de dépenses annuelles de calcul.

f. Suivant la méthode développée à l'Institut d'Energétique, la variante du BEP optimal s'obtient en réduisant au minimum - pour toutes les formes d'énergie, centres de consommation et chaînes énergétiques - la somme des produits entre les dépenses annuelles pour le calcul des installations et les consommations d'énergie utile, de forme correspondante et dans le centre respectif. Cela est possible par l'intermédiaire de deux chaînes et en observant toutefois deux conditions : la première condition demande que chaque consommation d'énergie utile soit entièrement couverte dans le cadre du bilan; la deuxième prévoit que le niveau d'exploitation annuelle d'une source d'énergie primaire ne peut pas excéder une valeur déterminée. Cette manière de déterminer le BEP optimal est un problème de programmation mathématique. La solution du problème de programmation est trouvée par les méthodes mathématiques appropiées (par exemple la méthode simplex pour la programmation linéaire).

g. La détermination de la variante optimale du BEP, selon le modèle ci-dessus, est un travail de grandes proportions, tant à cause du grand nombre de données qui interviennent et du volume important des calculs, qu'à cause du caractère complexe des grandeurs i_i, c_i et η_i, qui sont en réalité des variables aléatoires en fonction de la valeur du flux d'énergie traversant la chaîne.

h. La façon la plus simple de déterminer le BEP optimal en se basant sur le modèle ci-dessus s'obtient en considérant les grandeurs i_i, c_i et η_i comme ayant des valeurs constantes et égales à leurs valeurs moyennes dans les installations couramment utilisées. Dans ce cas, la détermination de la variante optimale du BEP devient un problème de programmation linéaire, susceptible d'être résolu par des méthodes telles que la méthode simplex, ou bien par une combinaison entre la méthode simplex et une méthode d'approximation (par exemple la méthode des indices), servant à établir une solution initiale.

22. La programmation linéaire à l'aide des calculatrices permet de déterminer le bilan énergétique de perspective optimal. La programmation linéaire à l'aide des calculatrices ne constitue un problème spécifique à l'établissement du BEP que dans le cas où l'on doit résoudre un problème de programme linéaire de grand volume avec une calculatrice électronique.

23 a. Aussi longtemps que le problème du BEP ne constitue pas une préoccupation permanente il est plus rationnel d'utiliser en vue de l'établissement de la variante optimale, une calculatrice digitale.

b. Pour être à même de faire un choix rationnel de la calculatrice digitale, il faut d'abord établir sa mémoire nécessaire. Dans ce cas, la vitesse de calcul présente un intérêt moindre.

c. En employant le code de la machine, on établit le nombre d'adresses occupées par le programme en fonction des dimensions de la matrice, ce qui résulte en écrivant, sous forme matricielle, les conditions limitatives du bilan. Selon le nombre des adresses occupées par le programme et en fonction du code admis initialement, on choisira donc une calculatrice digitale à mémoire avec une capacité adéquate.

d. Puisque la méthode simplex ne permet d'obtenir la solution du problème posé par la programation linéaire qu'après un certain nombre de cycles, on pourra calculer, conformément au programme, le nombre d'opérations par cycle simplex et, par conséquent, la durée d'n cycle.

Conclusions

24. Il résulte de ce qui précède que, pour un pays en cours de développement, la première et la plus importante des opérations requises par le développement du système énergétique est de dresser l'ineventaire des ressources d'énergie du pays. En l'absence de cette connaissance de la situation, une politique énergétique rationnelle et solidement établie est inconcevable. L'inventaire des ressources énergétiques doit être dressé par les organes centraux d'état, sur des bases scientifiques, étant donné qu'il s'agit d'un problème d'intérêt national; si tel n'est pas le cas, les aménagements ne seront faits que pour des situations dont la rentabilité locale est évidente mais qui, au point de vue du développement d'ensemble de l'économie nationale, ne sont pas toujours les meilleurs. L'inventaire des ressources doit être établi de telle manière qu'il puisse fournir les éléments nécessaires à la détermination du bilan énergétique de perspective. Ces éléments sont les caractéristiques technico-économiques des ressources d'énergie, telles que les dépenses spécifiques à l'extraction et à la préparation aux divers niveaux possibles de la production annuelle, le rendement de la préparation et la puissance calorifique pour les diverses sortes d'énergie primaire obtenues après la transformation de la production brute.

25. Parallèlement à l'inventaire des ressources, l'établissement du nécessaire d'énergie au moyen des méthodes les plus efficaces, constitue l'opération nécessaire et indispensable pour pouvoir planifier de manière rationnelle des investissements énergétiques.

26. Les études entreprises en vue de dresser l'inventaire des ressources énergétiques, combinées avec les études concernant la prévision du nécessaire d'énergie et avec une méthode scientifique pour la détermination du bilan énergétique à longue échéance, sont les conditions nécessaires à la création d'un système énergétique harmonieusement développé dans le cadre de l'économie nationale.

27 a. Les recherches dans le domaine énergétique doivent être conduites de manière systématique dans toutes ses branches.

b. Dans le domaine de la thermo-énergétique, il faut entreprendre des recherches en vue de l'utilisation aussi rationnelle que possible des ressources internes d'énergie, de l'utilisation technologique complexe de l'énergie des combustibles solides et de leur combustion dans les meilleures conditions.

c. Dans le domaine de l'électro-énergétique, les recherches doivent être dirigées vers des problèmes tels que: l'aplatissement des courbes de charge, l'amélioration du facteur de puissance et le développement optimal du système electro-énergétique national.

d. Dans le domaine de l'énergétique industrielle, les recherches sur la consommation spécifique d'énergie pour les produits principaux et l'établissement des bilans énergétiques par entreprise sont très utiles. Elles peuvent conduire, directement ou par l'emploi des ressources énergétiques secondaires, à des économies représentant un pourcentage important de la consommation d'énergie de l'entreprise respective.

28. Les études systématiques effectuées dans les pays en voie de développement donnent à ces derniers la possibilité d'éviter le fardeau des installations démodées et d'une industrie surannée, en leur offrant la possibilité de créer une industrie moderne, au niveau de la technique avancée.

Fig. 1

Fig. 2

1395 F - Nov.1962 - 1,000

E/CONF.39/A/206
30 Oct.1962
ORIGINAL : ESPAÑOL

CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS
SOBRE LA APLICACION DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA
EN BENEFICIO DE LAS REGIONES MENOS DESARROLLADAS

Punto del programa : A. 3. 1. 1

México

ESTUDIO DE LAS DISPONIBILIDADES, NECESIDADES Y APLICACIONES DEL AGUA, DISTRIBUCION DE ESTA ENTRE DISTINTOS USOS

Por Pedro DIAZ HERRERA,
Ingeniero,
Subdirector de Hidrologia

Las monografías presentadas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología en Beneficio de las Regiones Menos Desarrolladas constituyen documentos de trabajo de dicha Conferencia. Se publican tal como han sido presentadadas por los colaboradores y los puntos de vista expresados en ellas corresponden a los colaboradores. (Veánse notas al dorso.)

NOTAS

1. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Generales serán distribuidas en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

2. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Especiales serán distribuidas en la Conferencia únicamente en uno de los idiomas oficiales antes indicados.

3. Los resúmenes de las monografías presentadas por los colaboradores serán distribuidos en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

4. No se procederá a la distribución general de las monografías y resúmenes con antelación a la Conferencia. Unicamente serán publicadas en cantidades limitadas con antelación a la Conferencia para uso exclusivo de las delegaciones de los gobiernos participantes y de otros participantes autorizados. La publicación con posterioridad a la Conferencia y la distribución general de las actas y debates de la Conferencia seguirán las prácticas de las Naciones Unidas establecidas por la Junta de Publicaciones de las Naciones Unidas.

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS, MEXICO

A.3. RECURSOS HIDRAULICOS

ESTUDIO DE LAS DISPONIBILIDADES, NECESIDADES Y APLICACIONES DEL AGUA, DISTRIBUCION DE ESTA ENTRE DISTINTOS USOS.

Por

el Ing. Pedro Díaz Herrera, Subdirector de Hidrología

I.- EL RECURSO NATURAL AGUA

Si observáramos nuestro planeta desde el espacio extraterrestre, posiblemente lo llamarámos Agua en vez de Tierra. Habría razón para ello, pues las medidas del geoide nos indican que, mientras la superficie de las tierras ocupan unos 135 000 000 Km2., la de los oceános y mares es de 353 000 000 Km2. es decir, aproximadamente 3/4 partes de la superficie del globo está cubierta por agua. Mas aún, si nos remontamos a los orígenes del planeta, desde su face evolutiva, podemos imaginarlo primero como nebulosa, pasando a ser estrella, que más tarde se condensa en masa líquida, disponiéndose sus elementos por densidades y formándose una nata a manera de escoria primitiva, que protegiendo la superficie contra las radiaciones internas, permitió que el vapor de agua de aquella atmósfera se condensara y precipitara sobre la costra, como la primera lluvia, cubriéndola de un inmenso mar sin límites. Al continuar el enfriamiento y por falta de apoyo, esa costra primitiva sufre un colapso, rompiéndose, hundiéndose y otras doblándose, a la vez que surgen las primeras irregularidades, que alcanzan a emerger del Oceáno Universal, formando los continentes primitivos, donde el ser humano posteriormente viviría. Una vez que las aguas del mar adquirieron la temperatura y la composición química conveniente, nace la vida en su seno, comenzando la evolución de los seres vivos.

Desde que el hombre hizo su aparición en el planeta, su vida quedó vinculada íntimamente con el agua. Muchas son las necesidades del ser humano que son satisfechas por el agua; así,la fisiológica cuando la utiliza como bebida para apagar su sed y poder sobrevivir; la higiénica, al observar que elimina la suciedad; en la agricultura, para proveerse de más y mejores alimentos; en la crianza de animales útiles ya sea en el propio seno del agua o simplemente para abrevarlos; en el transporte de navegación; en fuerza para mover sus ingeniosos artefactos que le han hecho la vida más placentera, en fin, también como elemento esencial en los ritos religiosos, etc. Las grandes civilizaciones que florecieron a orillas de los ríos Eúfrates y Tigris en la Mesopotamia, el Nilo en Egipto, el Yang-tsé en la China y el Ganges en la India, son testimonios de que el hombre desde la antigüedad ha ligado el desarrollo de su civilización a los cursos de agua o a las costas del mar. En México, las grandes culturas prehispánicas, florecieron en aquellas zonas donde estaban bajo el amparo de un abastecimiento conveniente de agua.

II.- DISPONIBILIDADES

La mayor fuente de agua, si es que no la única, es el mar. Gracias al continuo movimiento del agua en el ciclo hidrológico, las tierras continentales pueden ser abastecidas de agua de esta fuente en forma de lluvia; los factores temperatura y vientos son los principales determinantes de este proceso. Es pues, la cantidad de lluvia que cae cada año en un lugar, su disponibilidad potencial de agua, pero como una gran parte de ella regresa a la atmósfera por el proceso de evapotranspiración (también llamado Uso Consuntivo) sólo el resto que escurre superficial y subterráneamente, puede considerarse como disponibilidad realmente aprovechable, antes que también regrese a su fuente de origen, el mar, o a la atmósfera al evaporarse en los lagos.

La distribución geográfica de la lluvia por su magnitud es un tanto caprichosa y compleja, dependiendo de la conjunción fortuita de muchos factores, entre ellos, la latitud, la altitud, los vientos, la dirección de las montañas con relación a aquellos, etc. Se reconoce que la zona ecuatorial es la más lluviosa, acentuándose esta condición en la zona de las calmas entre los 3° de latitud norte y sur, comprendida entre los límites de los vientos alisios, en donde llueve casi todo el año; lo contrario sucede en las regiones cercanas a los trópicos, donde la lluvia es escasa y es donde se localizan los grandes desiertos, como el Sahara, Arabia, las zonas áridas del norte de México y sur de E. U. etc., en el hemisferio boreal y el desierto de Australia y las zonas áridas al sur de Africa y de América en Chile, en el hemisferio austral, donde solamente ocurren escasas lluvias en la estación cálida y en ocasiones nulas. Mas al norte y sur de los Trópicos hasta los 40° de latitud, mejoran algo las condiciones pluviales, presentándose lluvias en dos épocas, la cálida y la invernal, en esta última se registran las máximas lluvias y las máximas crecientes en los ríos y de los 40° de latitud en adelante se distribuye casi por igual durante el año. La lluvia, disminuye al aumentar la latitud, pero de manera irregular, pudiendo establecerse que a igualdad de latitud son más favorecidos por la lluvia los lugares oceánicos que los continentales; las regiones donde soplan vientos marinos, que en los que dominan los continentales; las de régimen ciclonal que las de anticiclonal. Las cadenas montañosas influyen por su dirección, impidiendo la penetración de los vientos húmedos marinos e influyendo la altura sobre la lluvia, aumentando esta con la altura, pero no en forma regular, siendo el aumento más rápido al principio del ascenso en las laderas más abruptas, en las serranías de poca altura y en las vertientes expuestas al viento más húmedo.

Por su situación geográfica, entre los 16° y 32° de latitud norte, México queda casi prácticamente dividido a la mitad por el Trópico de Cancer a los 23° 27', por lo cual una gran zona de su territorio es escasa en lluvias. Por otro lado, parte de su territorio está dentro de la zona de influencia de los vientos alisios, que soplan constantemente de las latitudes medias hacia el ecuador entre los 28° y 3° de latitud, con dirección curva hacia el suroeste, debido a la forma y rotación del planeta, lo cual favorece en lluvias la Vertiente del Golfo y si además consideramos la particularidad de su sistema orográfico, formado de cadenas montañosas que corren paralelamente a las costas, en el Pacífico, la Sierra Madre Occidental y su prolongación, la Sierra Madre del sur y en el Golfo de México, la Sierra Madre Oriental, las que se unen formando un verdadero nudo en el Sur de México, vienen a constituir grandes barreras a los vientos y por último, teniendo en cuenta que la parte sur del Territorio Nacional está sujeta a los embates esporádicos de los vientos ciclónicos, característicos de las zonas templadas, verdaderos torbellinos que se mueven con trayectoria parabólica y velocidades enormes, curvándose con dirección general noroeste y afectando las Vertientes del Pacífico y del Golfo, principalmente esta última, todo ello nos dá una visión general de las condiciones pluviales en el Territorio Mexicano, donde podemos distinguir a grandes rasgos las provincias hidrológicas siguientes:

(A).- La Mesa o Altiplanicie del Norte, comprendida entre el río Bravo y las dos cordilleras, extendiéndose hasta más abajo del Trópico de Cancer, es muy poco favorecida por las lluvias y por tanto árida en la zona llana y semiárida en la zona alta de las Vertientes interiores de las Sierras, con lluvia en general inferior a 500 mm. en la zona árida y entre 500 y 1 000 mm. en la semiárida.

(B).- La Mesa Central y Sur, a continuación de la anterior, incluyendo el Valle de México y comprendida entre las dos vertientes interiores de las cordilleras costeras, donde la lluvia va mejorando, acentuándose hacia el sur y partes altas. La lluvia anual varía entre 500 a 1 000 mm. y por tanto es una zona semiárida.

(C).- Región Norte de la Vertiente del Pacífico, localizada hacia el Norte del Trópico y un poco al sur del mismo con escasas lluvias en la zona costera, árida en general, mejorando la lluvia en la zona alta montañosa, semiárida en su mayoría y excepcionalmente con pequeñas porciones semihúmedas favorecidas por la lluvia con cifras entre 1 000 a 1 500 m. en estas últimas.

(D).- Región Sur de la Vertiente del Pacífico, siendo semiárida en las mayores latitudes y en las partes costeras y semihúmedas en amplias zonas más altas y alejadas de la costa, con lluvia entre 1 000 y 1 500 mm. La lluvia se acentúa hacia el sur, en donde se tiene una zona húmeda en la Vertiente de la Sierra de Chiapas con lluvia superior a 1 500 mm. Esta provincia es esporádicamente afectada por perturbaciones ciclónicas y que ocasionalmente llegan a entrar a tierra, originando lluvias intensas y graves daños.

(E).- Región Norte de la Vertiente del Golfo, se localiza al norte del Trópico y en sus inmediaciones al sur; esta zona es ligeramente favorecida por los vientos que soplan del mar al continente, con lluvias entre 500 y 1 000 mm., semiárida en general, con pequeñas zonas semihúmedas en la parte alta expuesta directa a los vientos húmedos.

(F).- Región Sur de la Vertiente del Golfo, Comprende las zonas más favorecidas por los vientos húmedos que soplan del mar, acentuándose esto hacia el sur y con la altitud; tiene zonas principalmente semihúmedas y húmedas y una reducida árida y semiárida en la costa plana de Yucatán, orientada al noroeste, que no la favorecen los vientos ni la altura. Esta provincia es influenciada, con cierta frecuencia por los ciclones que se originan en el mar Caribe.

En vista de la irregular distribución de la lluvia en el Territorio Nacional, el Gobierno Mexicano con un sentido de responsabilidad y por conducto de varias Secretarías de Estado, principalmente la de Recursos Hidráulicos, ha instalado una red de estaciones meteorológicas en número actual de unas 2 100, diseminadas en toda la República y otra red de estaciones fluviométricas en número de unas 320, instaladas en las corrientes naturales principales y canales de riego. Pero todavía son insuficientes para hacer una evaluación precisa de los recursos de agua disponibles, sin embargo, los datos recabados tienen un valor incalculable y han servido de base para la estimación que se muestra en la tabla del Anexo Núm. 1, la cual se complementa con los Anexos Núm. 2, que muestra la división del Territorio Nacional en Provincias Hidrológicas y el Núm. 3, que señala la diferentes zonas pluviales en el mismo.

A la vista de las estimaciones anteriores, se confirma la forma desproporcionada de la distribución de los recursos de agua, en las diversas provincias hidrológicas, pues sumados los correspondientes a las números 13, 14 y 15 de la Vertiente Sur del Golfo, se deduce que en una extensión de 164 500 Km2., tan solo el 8.4% de la total del País, los recursos de agua superficial ascienden a 174 967 millones de m3. o sea un gasto medio anual de 5 548 m3/s, representando cerca de la mitad de los recursos totales y para el resto del País, 91.6% en superficie, es la

otra mitad. Si a esta condición tan adversa de distribución, aunamos la circunstancia agravante de que la lluvia ocurre en forma errática, originando escurrimientos esporádicos e irregulares, con avenidas de gran magnitud y relativa corta duración, se verá que es un serio inconveniente para aprovechar esta riqueza de manera fácil y económica, a menos que se construyan grandes y costosas obras hidráulicas. En algunos casos, como en la Mesa del Norte, existen extensiones enormes, como el Bolsón de Mapimí y El Salado, que no cuentan con recursos de agua superficial en cantidad apreciable y sus tierras que podrían cultivarse están hasta ahora destinadas a ser eriales improductivos. En otras provincias, como las del Río Balsas, que tiene importantes recursos en agua, más de 12 000 millones de m3., la superficie susceptible de riego está restringida y alcanza unas 400 000 Has., distribuídas en su cuenca de manera muy desfavorable en pequeñas porciones dispersas a lo largo de su curso, haciendo costoso y difícil su aprovechamiento. Otro tanto sucede con el Río Grande de Santiago. La región costera del Noroeste, tiene mejor compensados sus recursos agua y suelo, gracias a esto se ha desarrollado una importante zona agrícola, que ha tenido gran repercusión en la economía nacional.

Resumiendo, México es un País relativamente pobre en recursos de agua y desfavorablemente distribuídos, es necesario borrar la ilusión de la existencia de enormes recursos naturales vírgenes. A medida que pasa el tiempo se va viendo con más claridad esta verdad. Los Gobiernos emanados de la Revolución, por conducto de Organismos Oficiales, principalmente la Secretaría de Recursos Hidráulicos, se han esforzado cada vez más, por aprovechar los recursos de agua más y mejor, con una planeación inteligente y económica, dedicando una parte importante de su presupuesto de egresos a la construcción de obras hidráulicas, basadas en una técnica más avenzada, pues es primordial que de ellas se obtengan los máximos beneficios, tratando de aprovechar estos recursos en todas las formas y cuantas veces sea posible para que el País pueda vivir y prosperar.

Respecto a la disponibilidad de aguas subterráneas, a la fecha no se ha hecho un inventario, pero es conveniente dejar asentado, que la evaluación de los recursos superficiales, está íntimamente vinculada con el agua que se infiltra y escurre subterráneamente y resurge a lo largo de los cursos de las corrientes, que en unos casos descargan al mar y otras a depósitos naturales, como lagos, etc. Una alteración en la red del flujo de las aguas subterráneas, repercute en las aguas superficiales, principalmente en su parte baja, salvo que se trate de la explotación de depósitos de aguas profundas, prácticamente no renovables, sujetas a extinción, o como en el caso especial de Yucatán, donde la constitución geológica particular y lo plano del suelo, permiten una gran infiltración de la lluvia que escurre subterráneamente, haciendo que prácticamente se anule el escurrimiento superficial. La explotación del agua subterránea tiene mucha importancia, principalmente para aquellas zonas de recursos superficiales escasos y en general para cualquier zona con propósitos de abastecimiento de agua potable, teniendo la ventaja de encontrarse en mejores condiciones de pureza, que la superficial. En México, la mayor parte de los abastecimientos de agua potable son de tal origen; también se utiliza en riego de unas 750 000 Has.

III.- NECESIDADES Y APLICACIONES DEL AGUA

(A).- Actuales.- México es un País en el que han aumentado rápidamente las necesidades de agua, a ritmo superior que el propio incremento de su población, de por sí bastante alto. La población en 1950 era de 25.3 millones de habitantes y en 1960 de 34.2 millones, habiendo aumentado 8.4 millones de habitantes en 10 años, o sean unas 3 000 personas por día. De acuerdo con estimaciones de las Naciones Unidas para 1980 o sea en 20 años más, la población probablemente alcance la cifra de 64.4 millones de habitantes. Las cifras mencionadas dan idea del esfuerzo tremendo que tendrá que hacer el País por medio de sus Gobiernos, para satisfacer en un lapso tan corto las necesidades de 30 millones más de habitantes. Implícitamente está inclu-

da la necesidad de contar con una mayor cantidad de agua para satisfacer las correspondientes necesidades alimenticias de esa población y las propias del hombre civilizado que le permitan llevar una vida más agradable y satisfactoria.

La labor desarrollada por los Gobiernos de México en materia de riego y abastecimiento de agua potable, se puede resumir como sigue:

Superficies regadas antes de la creación de la Comisión Nacional de Irrigación en 1926, como producto de tres siglos de gobierno colonial y de 116 años de vida independiente: Superficies en Has. 312 000; Erogación en $ (?)

Superficies regadas durante la gestión de la Comisión Nacional de Irrigación, durante 21 años de 1926 a 1946 y antes de la creación de la Secretaría de Recursos Hidráulicos: Superficies en Has. 815 000 (nuevas y mejoradas); Erogación en $ 921 104 400.00.

Superficies regadas durante 13 años de labores de la Secretaría de Recursos Hidráulicos de 1947 a 1959: Superficies en Has. 1 134 000; Erogación en $3 833 633 349.47.

Superficies regadas por las Comisiones de los Ríos Papaloapan, Tepalcatepec, Fuerte y Grijalva, que se integraron a este período, dependientes de la Secretaría de Recursos Hidráulicos: Superficies en Has. 231 000; Superficies rescatadas y protegidas contra inundaciones, haciéndolas productivas en el mismo lapso: Superficies en Has. 341 100; Erogación en $ 2 043 031 283.67.

La gestión de la Secretaría de Recursos Hidráulicos en obras de agua potable y Alcantarillado también ha sido fructífera, pues en el período de 1947 a 1959 proporcionó servicios a una población de 4 875 425 habitantes y erogó la suma de $ 763 500 000.00.

Haciendo un análisis de las cifras anteriores, se vé la extraordinaria labor social y constructiva que han desarrollado los Gobiernos posteriores a la Revolución, así, mientras en un período de mas de cuatrocientos años de vida colonial e independiente, se pusieron bajo riego 812 000 Has., en tan solo 34 años de Gobiernos Revolucionarios, se mejoró y puso bajo riego una superficie de 2 230 100 Has., hasta el año de 1959. La labor realizada, inicialmente por la Comisión Nacional de Irrigación y continuada por la Secretaría de Recursos Hidráulicos, en síntesis ha tenido las finalidades principales siguientes:

a). Aprovechar las aguas de los ríos del País en el riego de tierras agrícolas, por medio de sistemas de almacenamiento, derivación, conducción y distribución, para satisfacer las necesidades de alimentación del pueblo y abastecer de materias primas a cierto tipo de industria.

b). Dar protección contra inundaciones a zonas de gran valor urbano o agrícola.

c). Abastecer de agua potable a las poblaciones y de servicios de alcantarillado.

d). Utilizar los recursos y obras hidráulicas también en generación hidroeléctrica.

e). Sanear, drenar y bonificar las zonas pantanosas, para ser aprovechadas en la agricultura.

B).- Futuras.- A pesar de la labor constructiva desarrollada para cubrir las crecientes necesidades de la población, principalmente en el orden alimenticio, aumentando la producción agrícola, tanto por el crecimiento de la superficie cosechada, cuanto a obtener mayores rendimientos, no se ha llegado a satisfacer las necesidades del consumo ideal, por lo cual se tiene un déficit importante en la producción de alimentos. Si México no toma desde luego las medidas indispensables para resolver este problem, con el tiempo se irá agravando, ya que la población aumenta a ra

zón de 3% y en un lapso de 25 años se tendrán 30 millones más de habitantes. Es indispensable que cuando menos, se duplique la producción agrícola, como base para evitar un verdadero retroceso económico y para continuar en un ambiente de firme progreso.

De acuerdo con los datos de una primera planeación, se calcula que de la superficie del País de 196.39 millones de Has., se tienen 70.96 millones de Has. de tierras llanas y de esas, se consideran como factibles de regarse unas 8.2 millones de Has. En el Anexo Núm. 4 se muestra la distribución de las demandas netas de riego en el País, calculadas de acuerdo con la teoría del Uso Consuntivo. A continuación se mencionan los caminos por seguir para aumentar la producción agrícola del País.

1.- Ampliar la superficie que actualmente se riega de 2.3 millones de Has., hasta 8.2 millones de Has. por medio de las obras hidráulicas adecuadas.
2.- Incrementar la superficie actual de 750 000 Has. que se riega con aguas subterráneas, hasta unos 3.0 millones de Has. factibles de beneficiarse.
3.- Aumentar la superficie que se cosecha de temporal, que en 1959 fué de 9.3 millones de Has. al máximo posible, hasta unas 18.3 millones de Has.

Además de las posibilidades anteriores, deberá agregarse los factores siguientes para favorecer la producción agrícola.-

a). Empleo de semillas seleccionadas, para aumentar los rendimientos y mejorar la resistencia de los cultivos.
b). Mejoramiento de los suelos, por medio del uso de fertilizantes.
c). Protección a los cultivos por el empleo de insecticidas.
d). Empleo de técnicas agrícolas modernas mecanizadas.
e). Conservación del suelo y del agua.
f). Establecimiento de campos experimentales agrícolas para enseñanza y selección de los cultivos regionales más adecuados y remunerativos.
g). Medidas de protección económica a la agricultura, como créditos amplios y oportunos, precios atractivos de garantía, seguro agrícola, aseguramiento de mercados, etc.

Junto con la expansión agrícola, es necesario suministrar los servicios modernos de agua potable a la población y a los procesos industriales, si no se quiere entorpecer este último desarrollo. Se calcula que actualmente el 65% de la población de México, carece de un servicio adecuado de agua potable y que se gastan más de 300 millones de pesos al año, para combatir las enfermedades originadas por el consumo de aguas contaminadas.

Por último, es importante, otro uso del agua y es el que se refiere a la transformación de su energía cinética o potencial, en energía hidroeléctrica que tiene un amplio campo de aplicaciones en la vida moderna. En México, poco menos de la mitad de la energía instalada, corresponde a plantas hidroeléctricas y de ellas el 20% son de plantas instaladas en almacenamientos destinados principalmente a riego y control de avenidas. Como cifra preliminar se estima el potencial hidroeléctrico en 7 millones de KW, pero es muy posible que sea mayor, lo cual se confirmará con un inventario más detallado de todas las posibilidades en el País.

MEXICO, D. F., SEPTIEMBRE DE 1962

P. Díaz H.

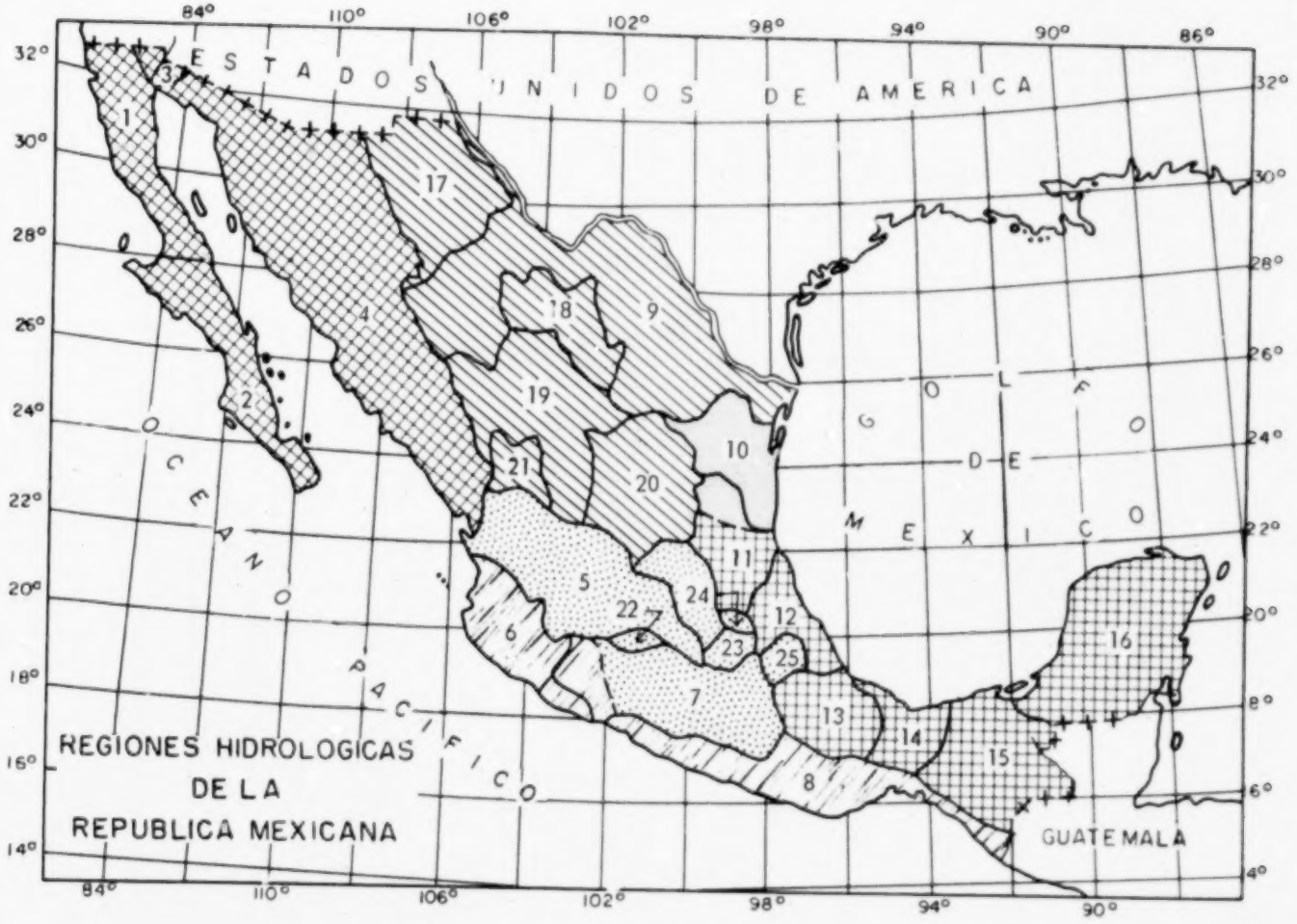
ING. PEDRO DIAZ HERRERA

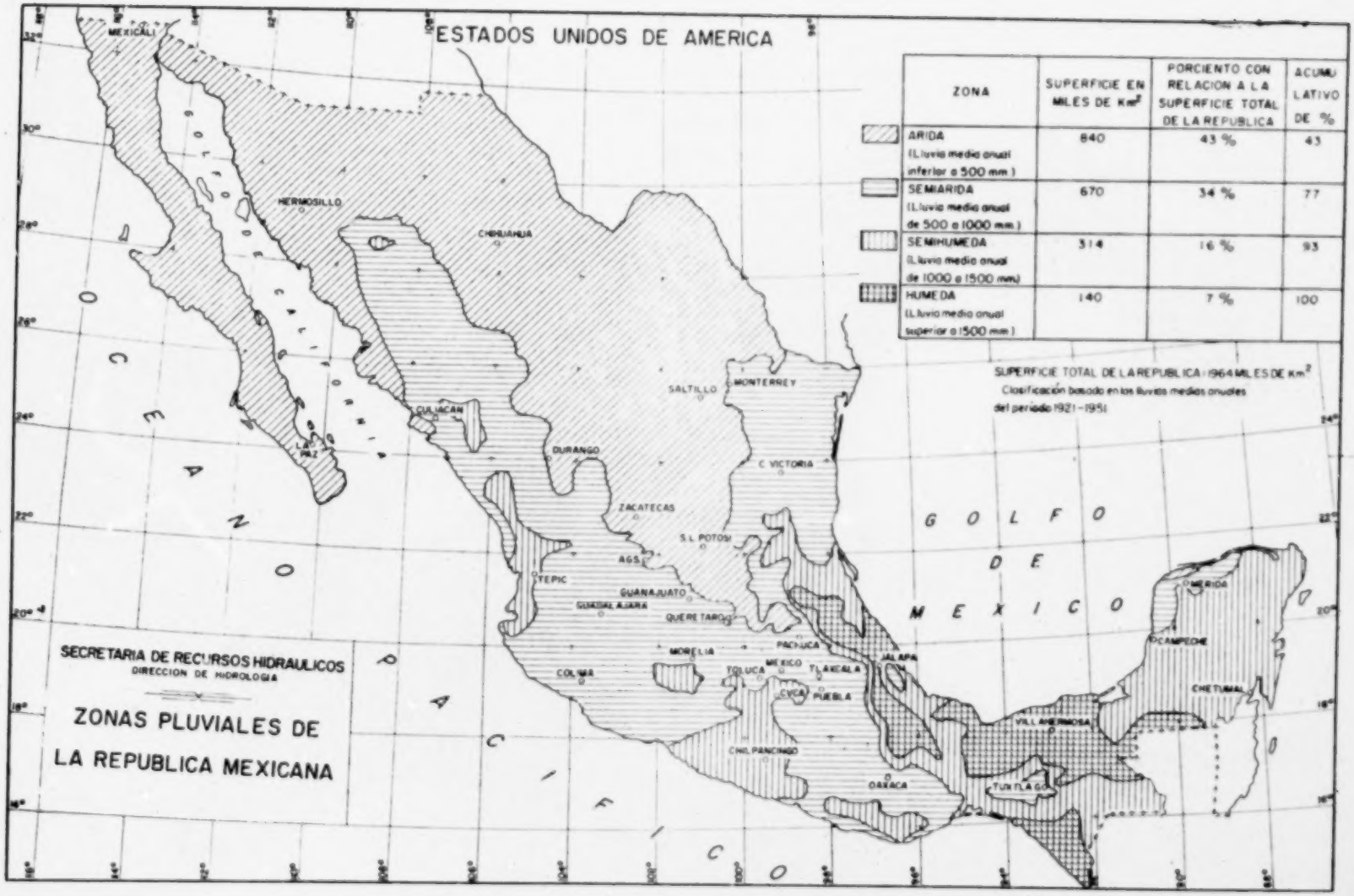
PDH-mhm.

ANEXO NUM. 1

Provincias Hidrológicas	Extensión Miles de Km2	%	Lluvia media en mm.	Escurrimiento superficial incluyendo resurgencias subterráneas Millones m3	%
1. Baja California Norte	67.6	3.4	182	312	0.1
2. Baja California Sur	73.5	3.7	137	282	0.1
3. Río Colorado	4.4	0.2	100	(+) 1 350	0.3
4. Noroeste	330.8	16.8	507	20 380	8.1
5. Lerma-Santiago	120.8	6.4	634	11 487	3.2
6. Pacífico Centro	62.0	3.2	580	11 333	3.2
7. Río Balsas	109.6	5.6	842	12 138	3.4
8. Pacífico Sur	90.0	4.6	1 295	50 116	14.0
9. Río Bravo	240.3	12.2	397	4 730	1.3
10. Golfo Norte	80.1	2.8	881	3 473	1.0
11. Río Pánuco	74.4	3.8	368	18 380	5.3
12. Golfo Centro	38.0	2.0	1 833	20 098	7.9
13. Río Papaloapan	46.6	2.4	1 333	41 135	11.5
14. Golfo Sur	31.2	1.6	1 747	20 832	8.0
15. Grijalva-Usumacinta	86.4	4.4	1 796	108 200	29.4
16. Yucatán	185.4	8.9	1 039	5 811	1.6
17. Cuencas Cerradas del Norte	103.8	5.3	271	356	0.2
18. Bolsón de Mapimí	56.0	2.9	252	-	0
19. Cuencas Cerradas del Sur	103.8	5.3	381	1 592	0.5
20. El Salado	30.3	4.5	454	-	0
21. Durango	17.8	0.9	614	711	0.2
22. Cuitzeo-Pátzcuaro	6.8	0.3	875	413	0.1
23. Valle de México	7.4	0.4	696	362	0.1
24. Metztitlán	2.8	0.2	350	740	0.2
25. Oriental, Libres y El Seco	4.3	0.2	759	220	0.1
Total:	1 968.7	100.0		367 257	100.0

(+) Volumen proporcionado por E. U. según Tratado Internacional.

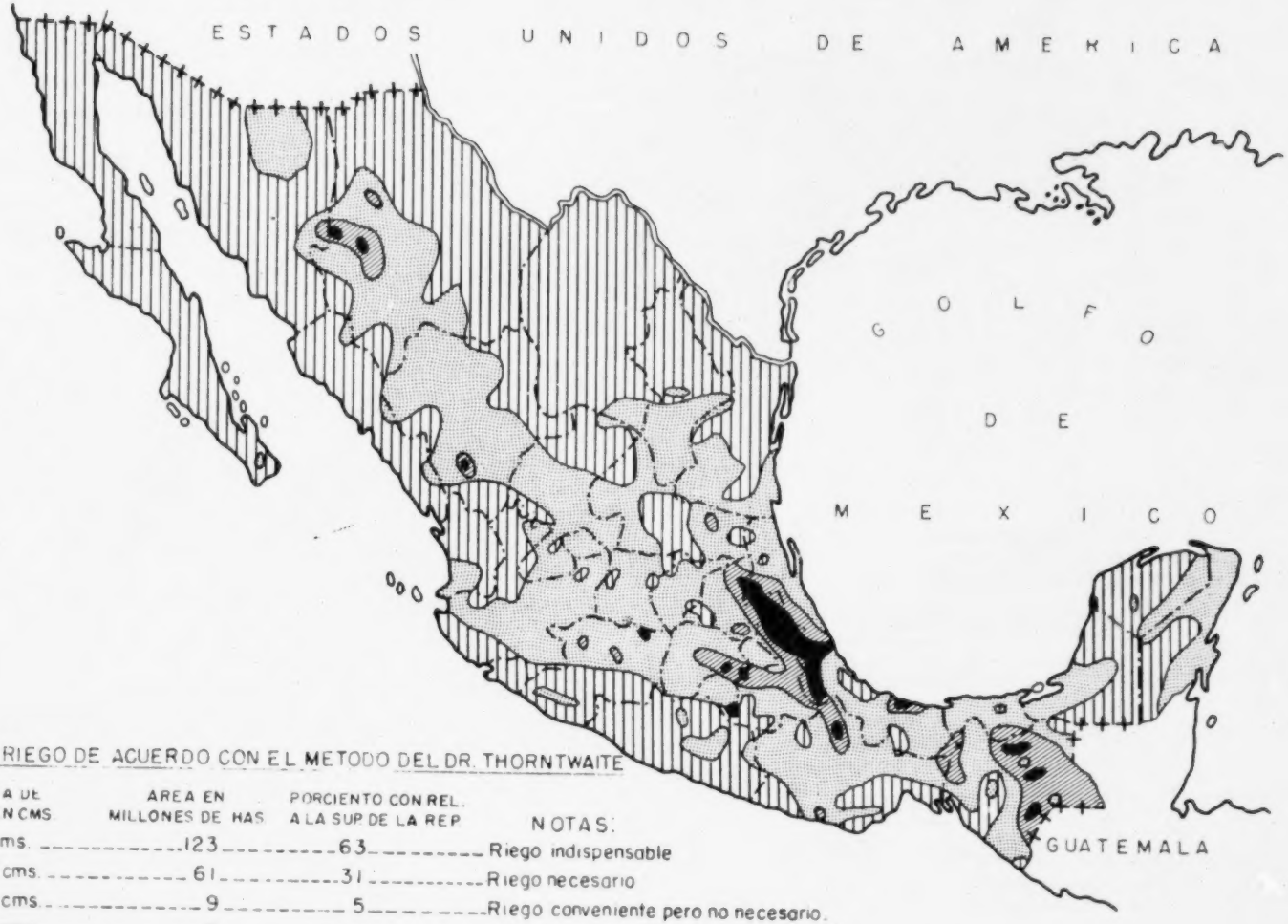

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA
GUATEMALA
OCEANO PACIFICO
GOLFO DE MEXICO
REGIONES HIDROLOGICAS
DE LA
REPUBLICA MEXICANA
84°
110°
106°
102°
98°
94°
90°
86°
32°
30°
28°
26°
24°
22°
20°
18°
16°
14°
8°
6°
4°
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25



ZONA	SUPERFICIE EN MILES DE Km²	PORCIENTO CON RELACION A LA SUPERFICIE TOTAL DE LA REPUBLICA	ACUMULATIVO DE %
ARIDA (Lluvia media anual inferior a 500 mm.)	840	43 %	43
SEMIARIDA (Lluvia media anual de 500 a 1000 mm.)	670	34 %	77
SEMIHUMEDA (Lluvia media anual de 1000 a 1500 mm.)	314	16 %	93
HUMEDA (Lluvia media anual superior a 1500 mm.)	140	7 %	100

SUPERFICIE TOTAL DE LA REPUBLICA 1964 MILES DE Km²
Clasificación basada en las lluvias medias anuales del periodo 1921 - 1951

A/206



NECESIDADES DE RIEGO DE ACUERDO CON EL METODO DEL DR. THORNTWAITE

DEMANDA NETA DE RIEGO ANUAL EN CMS.	AREA EN MILLONES DE HAS.	PORCIENTO CON REL. A LA SUP. DE LA REP.	NOTAS:
Mas de 50 cms.	123	63	Riego indispensable
De 50 a 20 cms.	61	31	Riego necesario
De 20 a 10 cms.	9	5	Riego conveniente pero no necesario.
Menos de 10 cms.	3	1	No se necesita riego
	196	100	

1447 S - Nov. 1962 - 600

E/CONF.39/A/207
30 Oct.1962
ORIGINAL : ESPAÑOL

CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS
SOBRE LA APLICACION DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA
EN BENEFICIO DE LAS REGIONES MENOS DESARROLLADAS

Punto del programa : A. 3. 3. 1

México

PROSPECCION DE AGUAS SUBTERRANEAS EN MEXICO POR MEDIO DE LOS METODOS DE LA GEOFISICA APLICADA

Por el Ing. Alfonso de la O CARRENO,
Géologo Consultor de la Secretaria
de Recursos Hidraulicos, México

Las monografías presentadas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología en Beneficio de las Regiones Menos Desarrolladas constituyen documentos de trabajo de dicha Conferencia. Se publican tal como han sido presentadadas por los colaboradores y los puntos de vista expresados en ellas corresponden a los colaboradores. (Veánse notas al dorso.)

NOTAS

1. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Generales serán distribuidas en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

2. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Especiales serán distribuidas en la Conferencia únicamente en uno de los idiomas oficiales antes indicados.

3. Los resúmenes de las monografías presentadas por los colaboradores serán distribuidos en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

4. No se procederá a la distribución general de las monografías y resúmenes con antelación a la Conferencia. Unicamente serán publicadas en cantidades limitadas con antelación a la Conferencia para uso exclusivo de las delegaciones de los gobiernos participantes y de otros participantes autorizados. La publicación con posterioridad a la Conferencia y la distribución general de las actas y debates de la Conferencia seguirán las prácticas de las Naciones Unidas establecidas por la Junta de Publicaciones de las Naciones Unidas.

-PROSPECCION DE AGUAS SUBTERRANEAS EN MEXICO POR MEDIO DE LOS METODOS DE LA GEOFISICA APLICADA.

Por el Ing. Alfonso de la O Carreño
Geólogo Consultor de la Secretaría
de Recursos Hidráulicos-México.

I - TIPOS DE PROBLEMAS DE GEOHIDROLOGIA QUE USUALMENTE SE PRESENTAN EN MEXICO.

a).- En México la investigación y aprovechamiento de aguas subterráneas se hace de preferencia para usos domésticos y públicos, tanto en pequeños poblados como en las grandes ciudades y para abrevadero y usos industriales. Se utilizan en riego -- cuando no se disponde de aguas superficiales o éstas no son suficientes. Los caudales requeridos van desde unos cuantos litros por segundo hasta varios metros cúbicos por segundo, con la calidad adecuada según las necesidades, y dentro de las normas establecidas. Por lo tanto en igualdad de condiciones geohidrológicas, el problema para satisfacer determinado uso se simplifica o se complica de acuerdo con la magnitud del caudal necesario.

b).- Debido a las peculiares características geográficas de México por su complicada fisiografía con tierras bajas, de mediana altitud, altiplanos y regiones montañosas las condiciones climatológicas también lo son. De los 1.96 millones de km2 de su extensión, solo el 36 % son tierras llanas. El 43 % es árida o muy árida (lluvia menor de 500 mm. al año) y solo el 7 % es húmedo o muy húmedo con lluvia superior a los 1500 mm. La lluvia está irregularmente distribuída tanto en el territorio como en el tiempo y la lámina de precipitación va desde casi nula en algunas regiones del Norte, hasta más de 5 m en algunas localidades del Sureste. Esto trae como consecuencia que el índice forestal también sea muy variable. Por otra parte la distribución de las diferentes formaciones de rocas es complicada y como la permeabilidad tanto superficial como interna depende de sus características litológicas y de su edad, resulta que también las zonas de alta o baja permeabilidad están distribuídas sin orden (Ver figura I). El suscrito ha estimado que de la precipitación media anual -- (1 377 879 millones de m^3) que recibe México, un 19.7 % se infiltra (270 695 millones de m^3). Es obvio que no todo ese volumen puede ser aprovechado por razones tanto geohidrológicas, como climáticas. Debido a las variadas condiciones físicas del territorio nacional arriba esbozadas, los problemas relacionados con las aguas subterráneas son también diversos, pero se pueden concretar en los siguientes:

c).- A veces se presenta la necesidad de localizar pequeños caudales para abastecer rancherías o para abrevadero, en formaciones prácticamente impermeables, (acuícierres), tales como masas de rocas intrusivas de granitos, de granodioritas u otras

en formaciones de orto-rocas o para-rocas metamórficas o de grandes masas de lavas - neovolcánicas como de andesitas, que son estériles desde el punto de vista geohidrológico. Se estudia en el terreno si presentan fisuras o juntas o si tienen una gruesa capa de regolita principalmente en depresiones de cierta extensión, en ocasiones con una cubierta de suelo bien desarrollado. Si la localidad por abastecer se encuentra en zonas de baja precipitación, las posibilidades de extraer aunque sea un pequeño caudal son nulas. En zonas de clima tropical, con altas precipitaciones y calurosas, la capa superficial intemperizada, puede presentar un cierto grado de permeabilidad y una zona de saturación que proporcione pequeños caudales. Se escogen depresiones extensas y que tengan una cuenca de alimentación superficial de importancia. El estudio geológico puede completarse mediante un estudio geofísico para determinar las partes de mayor espesor de la capa intemperizada donde se localicen las norias o pozos. Estas condiciones se presentan en la costa del Pacífico tanto al Noroeste como al Sur del Territorio Mexicano, en las cubiertas de arenas arkósicas con arcilla - residual, en las provincias de rocas graníticas. (Ver la figura I).

d).- En nuestro País existen grandes zonas de formaciones sedimentarias marinas, en las que abundan las calizas con morfología cársica muy avanzada, que corresponden al gran Geosinclinal Mexicano (Ver figuras I y II), y a otras cuencas marinas menores, de tectónica complicada y relieves pronunciados así como a la quieta y casi llana Plataforma Yucateca. Las calizas presentan una alta permeabilidad en grande y en su seno circulan importantes caudales de aguas más o menos concentradas que dan origen a corrientes subterráneas y a manantiales de fuertes gastos cuando afloran. En - Estas formaciones la localización del agua es difícil debido a lo laberíntico de los conductos internos. El estudio geológico que en cada región se hace es básicamente estructural, pero en ocasiones localmente puede emplearse como auxiliar la geofísica. Ejemplo notable de alumbramiento de aguas en calizas, es el hecho para completar el abastecimiento en la Ciudad de Monterrey, en cuya área y en la cercana cuenca de Mina se perforaron varios pozos con unos mil metros de profundidad buscando en la serie sedimentaria las calizas cavernosas del Cretácico Medio, que proporcionan aguas artesianas. En la Península de Yucatán, de naturaleza cársica, se están estableciendo pequeños sistemas de riego a base de pozos, de unas cuantas decenas de metros de profundidad que llegan a los acuíferos freáticos.

e).- En otros tipos de formaciones de rocas sedimentarias marinas del Cenozoico, tales como series de areniscas, lutitas, arcillas y arenas alternadas, como en la -- Cuenca sedimentaria marina de Veracruz, (Ver figura II), el problema es estructural sin la complicación cársica, aunque a veces con la que presentan durante la perforación, las arenas incoherentes finas.

f).- En el Altiplano Mexicano, existen grandes y pequeñas extensiones más o menos planas que forman parte de cuencas abiertas o cerradas sea de origen tectónico o formadas por grandes barreras de rocas ígneas principalmente Cenozoicas y que fueron rellenadas progresivamente por clásticos de diferentes granulometrías, alternando -- los finos con los gruesos y con formaciones lacustres, dando origen a una alternancia de arcillas o margas con areniscas, tobas y conglomerados, en ocasiones con intercalaciones de tripolita. Estas series llegan a tener varios centenares de metros

de potencia. Hacia el Norte del País predom nan los clásticos que provienen de las - formaciones sedimentarias marinas; en cambio en el Centro y Sur, son más abundantes los de origen volcánico principalmente de piroclásticos finos y medios a menudo mezclados con légamos (Loess). A veces en la serie sedimentaria continental, están intercalados manto-estratos de lava o simplemente existen coladas de lava que quedaron sepultadas al progresar el relleno. Estos sedimentos complejos casi siempre presentan buenas condiciones de porosidad y de permeabilidad y contienen una o varias zonas de saturación sucesivas, muchas veces con artesianismo. En las zonas de escasa o casi nula precipitación como en los Bolsones del Norte, la alimentación de esas cuencas es pobre y la acumulación de las aguas ha sido lenta. Ahí las extracciones - tenderán a disminuír progresivamente las reservas por haber poca o ninguna renovación. En las de precipitación ya apreciable cercana a un metro por año, la conservación de esas reservas es más efectiva como en el caso de la Cuenca de México y la de Guadalajara.

g).- Un caso especial de estas cuencas es el de las rellenas con travertinos como las del Salado y Tehuacán en el estado de Puebla. Las aguas circulan a través de ellos a varios niveles y son captadas por medio de galerías y tajos.

h).- La búsqueda y afloramiento de las aguas en lavas tan abundantes en México (Ver figura I), tales como riolitas es precaria, pues su existencia está regida por las fracturas y juntas de las rocas. En cambio los basaltos tan abundantes en la franja central del País, son lavas que por su alta porosidad primaria y permeabilidad, reciben y transmiten las aguas a través de su masa. La concentración y flujo - se hace hacia la base de las coladas cuando descansan en otra formación relativamente impermeable como sucede en el estado de Querétaro, o en los bordes meridionales - de la Cuenca de México y en el flanco meridional del macizo del Ajusco hacia Cuernavaca. En estos casos es necesario localizar los valles o depresiones que sepultó la materia eyecta, lo que puede hacerse económicamente solo con geofísica.

i).- Existen numerosos arroyos y ríos principalmente en el Norte, que descienden de sierras que reciben buena aportación de lluvias y cuyo escurrimiento superficial es rápido, pero que bajo sus cauces amplios y con grandes acarreos de arena y - gravas, escurren caudales de aguas subálveas que pueden ser captadas por galerías o pozos de gran diámetro (norias chinas). En algunas boquillas amplias, también se investigan las dimensiones del canal sepultado y las condiciones de saturación de los aluviones con las aguas subálveas, para la obtención de datos necesarios en el proyecto de la cortina. En estos casos la geofísica es un gran auxiliar para determinar las secciones y dimensiones del cauce conductor. Ejemplo de este grupo es el de las galerías sobre el arroyo de Santa Catarina que en parte abastece a Monterrey.

j).- Por último una modalidad muy importante en el yacimiento y captación de las aguas subterráneas en México es el de las planicies costeras mas o menos amplias, con depósitos de aluviones finos, medios y gruesos, a veces con intercalaciones de - caliche, de permeabilidad generalizada y con zonas de saturación de aguas continentales dulces que muy cerca de la costa y cuando en el subsuelo no existen barreras subterráneas aislantes, flotan sobre las aguas saladas de acuerdo con la teoría de - - Ghyben-Herzberg. La explotación de estas aguas en algunas zonas costeras ha sido in

tensiva y la protección de los acuíferos es no solo con el fin de no agotarlos, sino el de evitar bombeos peligrosos que provoquen la contaminación con las aguas saladas - y la invasión de éstas. Este control se hace después del estudio geológico con ayuda de la geofísica y de pozos de observación convenientemente distribuídos en el área de explotación, para controlar las extracciones y evitar abatimientos peligrosos de los niveles de las aguas subterráneas sobre todo en las franjas más cercanas a la costa. Ejemplo de estas explotaciones en grande las tenemos en la Costa de Hermosillo, Son. y en la Planicie de Santo Domingo, Península de la Baja California.

II - METODOS GEOFISICOS UTILIZADOS EN MEXICO.- EJEMPLOS DE PROBLEMAS ESTUDIADOS Y RESULTADOS OBTENIDOS.

k).- En México se han venido utilizando con éxito, en investigaciones geohidrológicas, los métodos: gravimétrico, sísmico de refracción y los eléctricos. Se mencionan en orden creciente de su importancia, tomando como base el número de problemas - estudiados con cada uno de ellos. En perforaciones además de los registros eléctricos se utilizan en ciertos problemas los de rayos gamma. Parece innecesario indicar - que los levantamientos geofísicos se planean después de los reconocimientos geológicos.

l).- El método gravimétrico se ha aplicado y se piensa seguir aplicando, en las investigaciones preliminares del subsuelo en cuencas extensas de escaso relieve superficial interior mencionadas en los párrafos f), g). El Levantamiento se hace con gravímetro, determinando las diferencias de la gravedad en una red de estaciones distribuídas convenientemente en la región por investigar, según el grado de detalle -- requerido. Se toma una estación base y parelelo base, haciéndose todas las "reducciones" usuales, incluso la del "efecto regional", para obtenerse finalmente las cartas de isanómalas de Bouguer. La interpretación se hace a base de la "gravedad residual" de la "segunda derivada". Los "altos" y "bajos" gravimétricos y el movimiento de las isanómalas, permite tener una información preliminar muy útil sobre la probable configuración de la roca de fondo o roca basal que forma la cubeta de la cuenca. Se localizan así las depresiones, altos o barreras, puertos etc., para luego, donde sea - necesario, completar las investigaciones en lugares específicos con los métodos sísmico y eléctricos, obteniéndose de esta manera detalles precisos de la configuración subterránea y de la estratigrafía del relleno sedimentario, así como la localización de accidentes tectónicos de importancia como fallas. Ejemplos de levantamientos gravimétricos son los de la parte más baja y plana de la cuenca cerrada de México (1930 km2), que en total tiene una área de 8114 km2. En esta cuenca se asienta la Ciudad de México y abarca el Distrito Federal y parte de los estados de México, Hidalgo y - Tlaxcala. En la cuenca cerrada de Oriental que abarca parte de los estados de -- Puebla Tlaxcala y Veracruz con extensión de 4861 km2 se cubrieron con gravimetría -- 500 km2. En ambos casos se obtuvo muy buena información para una planeación de la explotación de los recursos geohidrológicos.

m).- El método sísmico de refracción, con la técnica acostumbrada y despliegue de puntos de tiro y seismómetros a distancias adecuadas a las profundidades que se desea alcanzar, se han aplicado a problemas mencionados en los párrafos f), g), i).

Ejemplos correspondientes al primer grupo son el de la Cuenca de Guadalajara, de 570 -- km2 de los que fueron cubiertos 300 km2. La topografía de la roca sepultada es complicada, el estudio se completó con un conjunto de sondeos geoeléctricos. Se localizaron las depresiones principales dándose perforaciones de exploración, muchas de las cuales se convirtieron en pozos de explotación para aumentar el abastecimiento de la Ciudad. Otro ejemplo es el de la pequeña cuenca cerrada de Cadereyta, en el Estado de Querétaro, -- unos 80 km2 donde habían fracasado perforaciones en busca del agua subterránea para el abastecimiento de la población, pues tocaban la roca basal a poca profundidad en la mayor parte de la cuenca. Con el estudio sísmico complementado con el eléctrico, se determinó la única depresión existente a donde fluyen las aguas subterráneas, descubriéndose que tiene un vertedor por donde se fuga el agua a otra cuenca, a 170 m de profundidad - que es la del nivel hidrostático. Ejemplo del grupo i), es el estudio del cañón de la - Huasteca, en el arroyo de Santa Catarina, aguas arriba de Monterrey estado de Nuevo -- León, que sirvió de base para la construcción de una galería filtrante que en parte abastece la Ciudad. Otro ejemplo es el de la amplia boquilla de Pujal, sobre el Río Tampaón estado de San Luis Potosí, donde se construirá una de las presas principales de la cuenca del Río Pánuco. Aquí la sismología sirvió para configurar la roca sepultada del cauce para una mejor localización del eje de la cortina y proporcionó información general sobre las condiciones de saturación del potente relleno de aluviones que es en algunas partes de más de 30 m.

n).- Los métodos eléctricos son los que han tenido una amplia aplicación en problemas geohidrológicos de pequeña o de grande importancia, debido a sus posibilidades y su economía, aplicándose el método clásico de Resistividad y el de Relaciones de Caídas de Potencial que se basan en las condiciones de los campos eléctricos "estables" o "casi estables". Se utiliza de preferencia corriente alterna de baja frecuencia o sea entre 25 y 50 ciclos por segundo, tanto para evitar los fenómenos de polarización, cuanto para - poder aumentar la penetración de la energía en el subsuelo. Las investigaciones se hacen con sondeos verticales aislados o en grupos y a veces con secciones transversales. En realidad el de Resistividad por poco resolutivo, ha quedado en desuso en sondeos, -- aplicándose más bien la Segunda y Tercera variantes de Relaciones de Caída de Potencial habiendo quedado en desuso la primera, que aunque proporciona tanto la curva de "resistividad aparente" como la de "relaciones", no permite gran penetración debido a su técnica en la disposición de los electrodos. Se aplica mucho la segunda por su técnica -- sencilla, con ella se puede penetrar mucho y detallar el sondeo todo lo que se desée. - no obstante que solo se obtiene la curva de "Relaciones de Caída de Potencial." La Tercera variante, desarrollada por el suscrito, proporciona ambas curvas, con ella también - se puede penetrar mucho y proporciona muy buena información en la primera mitad del sondeo, por el detalle con que se lleva; en cambio a la profundidad la información que proporciona es menos detallada debido a los incrementos crecientes en la penetración. Se cuentan por centenares las localidades estudiadas con los métodos eléctricos, tanto en puntos específicos donde a veces un solo sondeo puede resolver una duda, como en extensiones considerables que requieran conjuntos de sondeos a veces en combinación con la - sismología, como ya se indicó en los párrafos l), y m). Puede decirse que casi no ha --

habido problema geohidrológico en México en el que no se hayan aplicado los métodos eléctricos, contándose por millares el número de sondeos hechos. Sería por lo tanto prolijo enumerar los problemas estudiados. Solo en forma general nos referiremos - a los grupos: c) en formaciones prácticamente impermeables los sondeos han ayudado a determinar la profundidad de la zona intemperizada y el nivel de saturación si lo hay. d).- en formaciones cársicas, en ciertos casos, se han podido localizar cavidades y conductos de disolución y hasta fracturas rellenas de arcilla o calcita, con secciones transversales a profundidad constante que luego se incrementa; a veces -- con estaciones a solo 2 m de separación. f).- En las cuencas sedimentarias continentales la ayuda de este método ha sido muy efectiva, tanto aplicándolo solo o en combinación con el sísmico o gravimétrico en toda una cuenca o en una parte de ella -- h).- Muchas veces la búsqueda de las aguas subterráneas no se ha hecho propiamente en el seno de la masa lávica, sino en la formación subyacente o intercalada entre - dos corrientes de lava. En este caso solo con el método eléctrico se han podido determinar los contactos entre las formaciones y las condiciones de saturación de --- ellas. j).- En las planicies costeras, tanto los sondeos como las secciones ayudan a determinar los contactos de aguas dulces y saladas cerca de la línea costera. Por último agregaremos que se cuentan por millares los registros eléctricos en las perforaciones, tan útiles para determinar contactos entre formaciones acuíferas de -- aguas dulces o saladas y acuicierres, para acabar de determinar la probable eficiencia del pozo y el proyecto de su terminación en el aspecto constructivo.

BREVE BIBLIOGRAFIA DE CARACTER GENERAL.

De la O Carreño A., Las Provincias Geohidrológicas de México, Tomos I y II, Boletín Núm. 56, Instituto de Geología, U.N.A.M.- México, D.F. (1951-1954).

De la O Carreño A., Gravimetría, Revista "Irrigación en México", (1944)

Olhovich, V.A., Curso de Sismología Aplicada, Editorial Reverté, S.A. México - D.F., (1947).

Alvarez, Jr. M., Unidades Tectónicas de la República Mexicana, Boletín de la - Sociedad Geológica Mexicana, Tomo XIV. México, D.F., (1949).

De la O Carreño, A., Geofísica Eléctrica, Revista "Ingeniería Hidráulica en México" D.F., (1947).

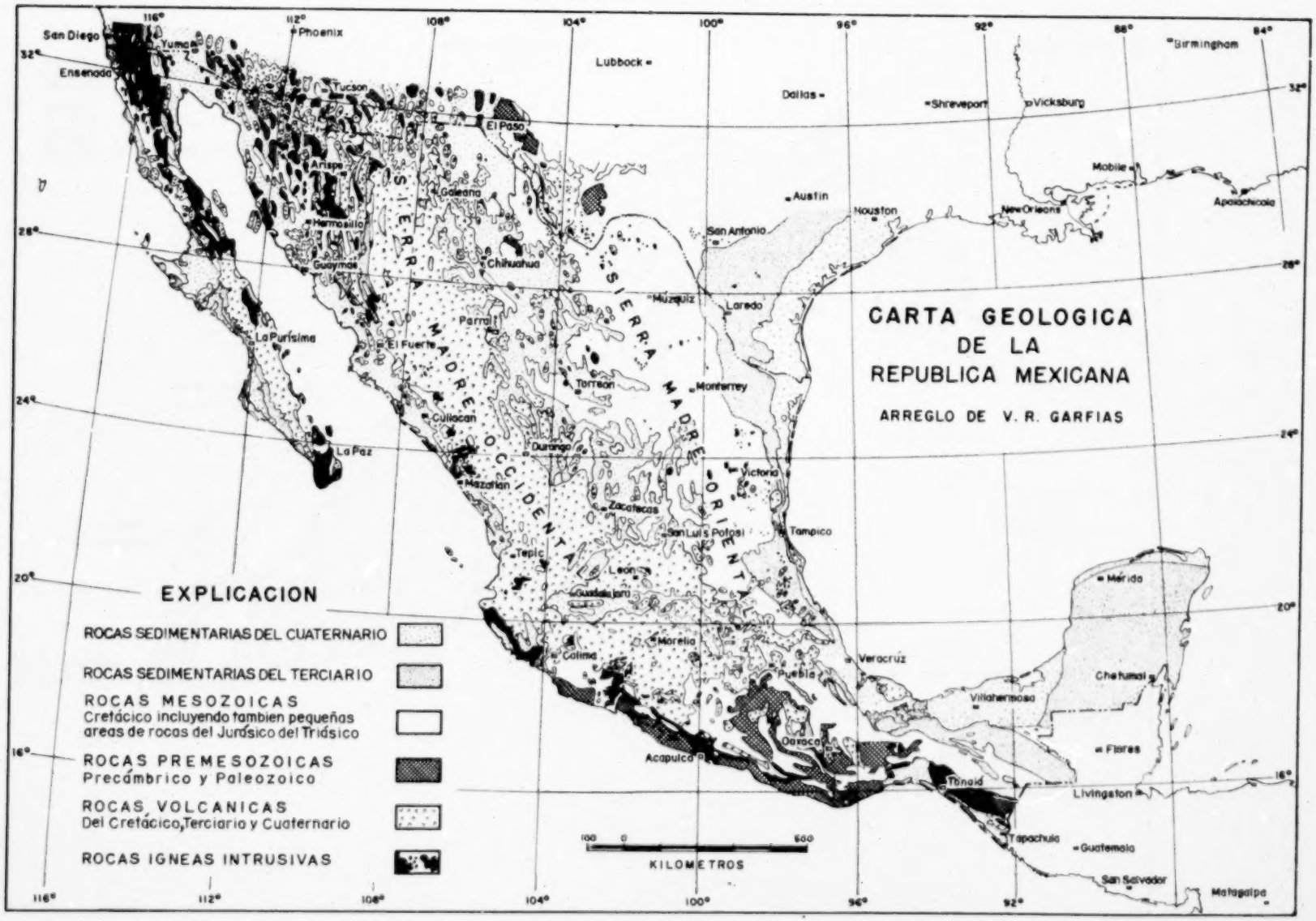

CARTA GEOLOGICA
DE LA
REPUBLICA MEXICANA
ARREGLO DE V. R. GARFIAS
EXPLICACION
ROCAS SEDIMENTARIAS DEL CUATERNARIO
ROCAS SEDIMENTARIAS DEL TERCIARIO
ROCAS MESOZOICAS
Cretácico incluyendo tambien pequeñas areas de rocas del Jurásico del Triásico
ROCAS PREMESOZOICAS
Precámbrico y Paleozoico
ROCAS VOLCANICAS
Del Cretácico, Terciario y Cuaternario
ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS
KILOMETROS
SIERRA MADRE OCCIDENTAL
SIERRA MADRE ORIENTAL
San Diego
Yuma
Phoenix
Ensenada
Tucson
El Paso
Lubbock
Dallas
Shreveport
Vicksburg
Birmingham
Mobile
Apalachicola
Austin
Houston
New Orleans
San Antonio
Arispe
Galeana
Hermosillo
Guaymas
Chihuahua
Muzquiz
Laredo
Parral
La Purisima
El Fuerte
Torreon
Monterrey
Culiacan
La Paz
Durango
Mazatlan
Victoria
Zacatecas
San Luis Potosi
Tampico
Tepic
Leon
Guadalajara
Merida
Colima
Morelia
Veracruz
Puebla
Villahermosa
Chetumal
Oaxaca
Acapulco
Tonala
Flores
Livingston
Tapachula
Guatemala
San Salvador
Metagalpa
116°
112°
108°
104°
100°
96°
92°
88°
84°
32°
28°
24°
20°
16°

FIGURA I

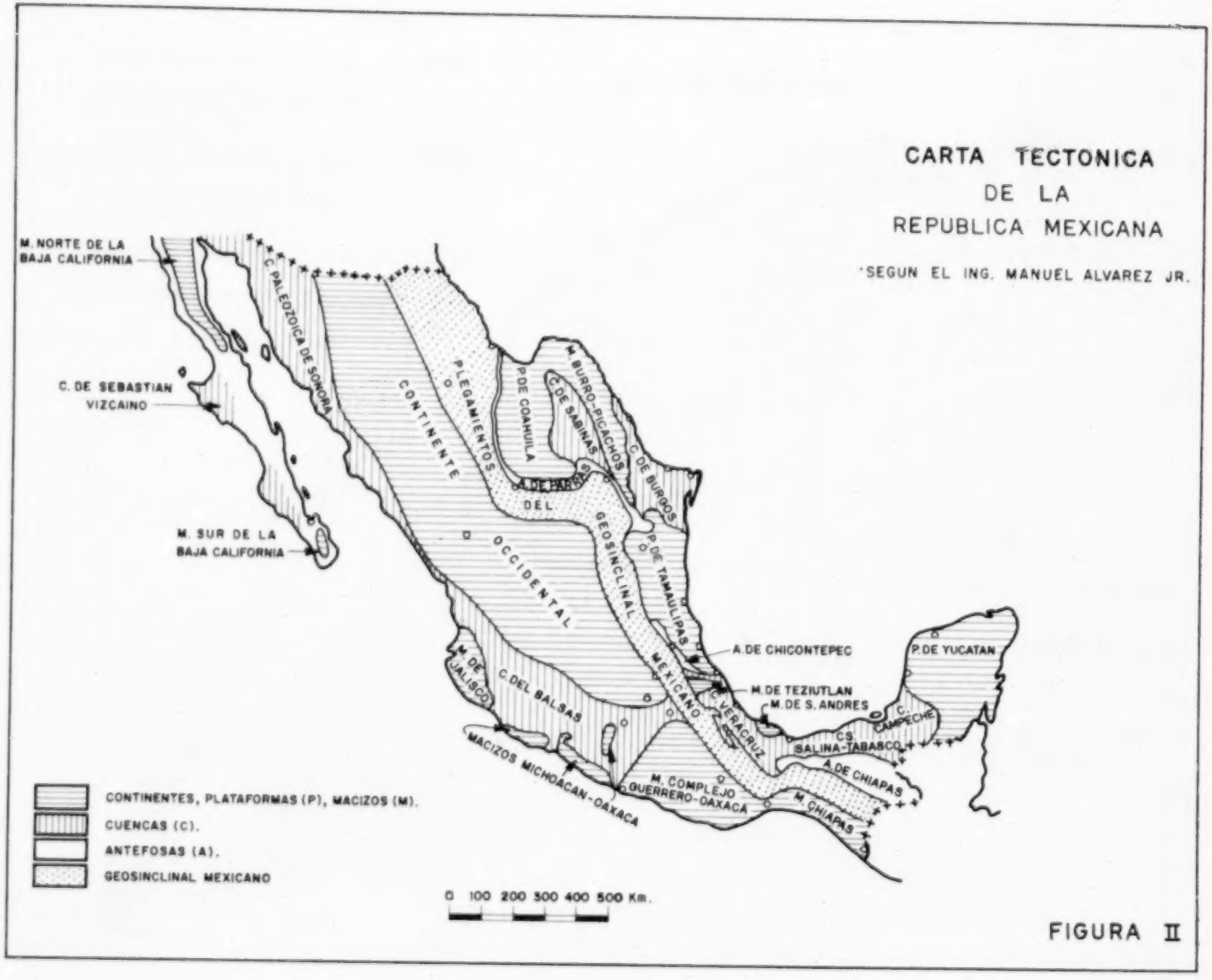

CARTA TECTONICA
DE LA
REPUBLICA MEXICANA
*SEGUN EL ING. MANUEL ALVAREZ JR.
M. NORTE DE LA BAJA CALIFORNIA
C. DE SEBASTIAN VIZCAINO
M. SUR DE LA BAJA CALIFORNIA
C. PALEOZOICA DE SONORA
CONTINENTE
PLEGAMIENTOS
P. DE COAHUILA
M. BURRO-PICACHOS
C. DE SABINAS
A. DE PARRAS
C. DE BURGOS
P. DE TAMAULIPAS
GEOSINCLINAL MEXICANO
OCCIDENTAL
A. DE CHICONTEPEC
P. DE YUCATAN
M. DE TEZIUTLAN
M. DE S. ANDRES
C. CAMPECHE
C. VERACRUZ
C.S. SALINA-TABASCO
A. DE CHIAPAS
M. DE JALISCO
C. DEL BALSAS
MACIZOS MICHOACAN-OAXACA
M. COMPLEJO GUERRERO-OAXACA
M. CHIAPAS
CONTINENTES, PLATAFORMAS (P), MACIZOS (M).
CUENCAS (C).
ANTEFOSAS (A).
GEOSINCLINAL MEXICANO
0 100 200 300 400 500 Km.

FIGURA II

1238 S - Nov. 1962 - 600

E/CONF.39/A/208
30 Oct.1962
ORIGINAL : ESPAÑOL

CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS
SOBRE LA APLICACION DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA
EN BENEFICIO DE LAS REGIONES MENOS DESARROLLADAS

Punto del programa : A.3.1.3

México

ULTIMAS LEGISLACIONES SOBRE AGUAS

Por el Ing. Antonio RODRIGUEZ LANGONE,
Director General de Aprovechamientos Hidráulicos

Las monografías presentadas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología en Beneficio de las Regiones Menos Desarrolladas constituyen documentos de trabajo de dicha Conferencia. Se publican tal como han sido presentadadas por los colaboradores y los puntos de vista expresados en ellas corresponden a los colaboradores. (Veánse notas al dorso.)

NOTAS

1. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Generales serán distribuidas en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

2. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Especiales serán distribuidas en la Conferencia únicamente en uno de los idiomas oficiales antes indicados.

3. Los resúmenes de las monografías presentadas por los colaboradores serán distribuidos en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

4. No se procederá a la distribución general de las monografías y resúmenes con antelación a la Conferencia. Unicamente serán publicadas en cantidades limitadas con antelación a la Conferencia para uso exclusivo de las delegaciones de los gobiernos participantes y de otros participantes autorizados. La publicación con posterioridad a la Conferencia y la distribución general de las actas y debates de la Conferencia seguirán las prácticas de las Naciones Unidas establecidas por la Junta de Publicaciones de las Naciones Unidas.

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS

MEXICO

ULTIMAS LEGISLACIONES SOBRE AGUAS

Por el Ing. Antonio Rodríguez Langoné.
Director General de Aprovechamientos
Hidráulicos.

1.- Preámbulo.

La propiedad originaria de la Nación sobre las tierras y aguas dentro del Territorio Nacional proviene de la propiedad que la Corona Española, -no el Estado - Español- tenía respecto de esos bienes al consumarse la Independencia, subrogándose el Estado Mexicano los derechos de los reyes españoles.

Los derechos de la Corona Española le fueron otorgados por el Papa Alejandro VI según su Bula fechada en 1493.

Durante la Dominación Española el Virrey otorgaba concesiones de tierras y — aguas que se denominaban "Mercedes", establecidas por las Leyes de Indias; sin embargo, existían disposiciones como la Cedula del 20 de noviembre de 1536, que mandaba "que la misma orden que los indios tenían en la división y repartimiento de - aguas, se guarde y conserve entre los españoles....." Esta disposición fué confirmada por la Ley 11 Septiembre 2, libro 3 de la Ley de Indias.

Consumada la Independencia, se siguieron aplicando en forma general las leyes de Indias, conociendo de los problemas de aguas los Gobiernos de los Estados hasta que se expidieron normas de carácter federal, de las cuales la primera fué la Ley de 5 de junio de 1888; la del 4 de junio de 1894 que autorizó al Ejecutivo para — otorgar concesiones para el aprovechamiento de aguas de jurisdicción federal; la - del 17 de diciembre de 1896 que facultó al Ejecutivo para revalidar las concesiones expedidas por las Autoridades de los Estados; la de 18 de diciembre de 1902 y la - del 20 de junio de 1908, en que trataron de definir la jurisdicción de la Federación y los Estados en materia de aguas.

2.- La Ley de Aguas de 1910.

Puede considerarse que esta Ley estableció las primeras bases, firmes y claras para el aprovechamiento de las aguas de jurisdicción federal. Esta Ley se expidió estando vigente la Constitución del País de 1857.

La Ley define cuales son las aguas de jurisdicción federal; precisa que las - aguas son del dominio público y de uso común y consecuentemente inalienables e imprescriptibles.

Establece que las aguas que sean flotables o navegables solo podrán concesionarse por el Congreso de la Unión cuando las concesiones puedan modificar o perjudicar las condiciones de navegación o flotación; precisa las facultades del Ejecu

tivo para concesionar, reglamentar, ejecutar obras y vigilar el uso y aprovechamiento de aguas federales.

La propia Ley señala que la concesión se establecerá mediante un contrato concesión; el orden de preferencia para el uso de las aguas; las normas a que deben sujetarse las concesiones; sus causas de caducidad y asimismo establece la forma de confirmar los derechos al uso y aprovechamiento de las aguas establecidos por cualquier título legal, prescripción o uso de las aguas en los 10 años últimos anteriores a la vigencia de la Ley y por último contiene diversas disposiciones sobre competencia de los Tribunales, penas y sanciones.

3.- Ley de Irrigación de 1926.

Respecto de disposiciones relacionadas con las aguas, sigue en orden cronológico la Ley de Irrigación de 1926. Esta Ley es importantísima, pues representa el punto de partida de la fecunda labor que en materia de riego han venido realizando los Gobiernos emanados de la Revolución Mexicana, en materia de irrigación.

a).- Breve mención histórica.

Desde antes de la Conquista existieron algunas obras hidráulicas en México, tales como el Albarradón en Ixtapala y otras.

Durante la Dominación Española se ejecutaron obras pequeñas y algunas de gran importancia como la Laguna de Yuriria en Guanajuato, el Tajo de Nochistongo, etc.

En los primeros 12 años de este siglo se notó fuerte actividad en la ejecución de algunas obras de riego tales como las de la Región Lagunera en Coahuila y Durango.

El esfuerzo principal en la materia fué realizado al iniciarse la etapa constructiva de la Revolución Mexicana, al establecerse en 1926 la Comisión Nacional de Irrigación.

b).- Situación anterior a la Comisión Nacional de Irrigación.

Se ha estimado que la superficie de riego más o menos segura existente antes de la Comisión Nacional de Irrigación era de unas 812 000 hectáreas

c).- Creación de la Comisión Nacional de Irrigación.

Legalmente se estableció la citada Comisión al expedirse la Ley de Irrigación del 4 de enero de 1926.

Esta Ley confería a la Comisión facultades para estudiar las posibilidades de riego y seleccionar las mejores obras; encargarse de la ejecución de las obras, si la parte del costo de éstas que correspondería a los inconformes en realizarlas directamente, excediera del 25%; enajenar y colonizar las tierras que el Gobierno adquiere como compensación; es decir, que estableció una Oficina "Promotora" más que ejecutora de las obras de riego.

En la práctica no fué posible aplicar la Ley y el Gobierno tuvo que encargarse de la ejecución del programa de obras de riego.

En el aspecto social, esta Ley no previó la manera de impedir las especulaciones de los propietarios originales de las tierras, ni estableció normas para lograr que la colonización se efectuara con campesinos que realmente trabajen la tierra.

Se dictaron disposiciones complementarias para facilitar la ejecución del programa de obras de riego, entre los más importantes deben mencionarse los Decretos de 2 y 9 de julio de 1926 y el Decreto de 27 de marzo de 1930.

En 1935 se reformó la Ley de Crédito Agrícola y así se encomendió al Banco Nacional de Crédito Agrícola la colonización y operación de los Distritos de Riego hasta el 3 de diciembre de 1944 en que volvieron a confiarse estas funciones a la Comisión Nacional de Irrigación.

4.- Ley de Aguas del 6 de Agosto de 1929.

Las innovaciones principales que esta Ley estableció fueron:

a).- Se suprimió la disposición relativa a que el Congreso sería el que otorgara las concesiones para uso de aguas, de corrientes flotables o navegables cuando la concesión pudiera afectar las condiciones de flotación o navegación establecidas.

b).- Se estableció que primero, al llenarse los requisitos legales, se otorgaría un permiso de construcción y una vez recibidas las obras se extendería la concesión definitiva.

c).- Se estableció en forma obligatoria la formación de Asociaciones de Usuarios en caso de aprovechamientos colectivos o en zonas servidas por empresas de riego.

d).- Con excepción de los impuestos por producción de fuerza, se abolieron los impuestos, gabelas, etc. ya sean federales, de los Estados o Municipales, sobre el uso y aprovechamiento de Aguas Nacionales.

e).- Se establecen las bases para modificar los aprovechamientos y las facultades del Ejecutivo para reglamentar el uso de las aguas nacionales.

f).- Se incluyen una seria de definiciones para aclarar la Ley.

5.- La Ley de Aguas de 1934 es la Ley vigente.

En esta Ley se conservan la mayor parte de las disposiciones de 1929; pero se establecieron importantes innovaciones, de las cuales las principales fueron:

a).- Se autoriza el establecimiento de vedas para proteger las obras realizadas por la Comisión Nacional de Irrigación.

b).- Se estableció la vigilancia del cumplimiento de los Reglamentos mediante Juntas de Aguas.

c).- Se modifican las bases y facultades de las Juntas de Usuarios.

d).- Se prevé la creación de las Reservas Nacionales de Energía Hidráulica.

6.- Ley de Riegos del 31 de Diciembre de 1946.

Al iniciarse la administración del Sr. Presidente Alemán, éste consideró que era indispensable crear un solo organismo gubernamental que se encargara de obtener todo el provecho posible de los escasos recursos hidráulicos con que cuenta nuestro País. Así, de acuerdo con la Ley de Secretarías de Estado del 7 de diciembre de 1946, se estableció la Secretaría de Recursos Hidráulicos y posteriormente se expidió la Ley de Riegos del 31 de Diciembre de 1946 que aún está vigente, con excepción de lo relativo a la operación de los Distritos de Riego en lo que resultó modificada por la nueva Ley de Secretarías de Estado de 1958.

Las funciones y facultades que específicamente se asignaron a la Secretaría de Recursos Hidráulicos se señalaron, en forma general, en la citada Ley de Secre—

tarías de Estado y se detallan en el artículo 8° del Reglamento de esta Ley que a - la letra dice:

"Art. 8°.- Corresponde a la Secretaría de Recursos Hidráulicos:
I.- Organizar, dirigir y reglamentar los trabajos de hidrología en cuencas, — cauces y álveos de aguas nacionales tanto superficiales como subterráneas.
II.- Reconocer derechos y otorgar concesiones, permisos y autorizaciones para el aprovechamiento de las aguas nacionales, con la cooperación de la Secretaría de Economía cuando se trata de aprovechamientos para la generación de energía eléctrica.
III.- Administrar, controlar y reglamentar el aprovechamiento de las cuencas,- cauces y álveos de propiedad nacional, así como de las zonas federales correspondientes, con exclusión de lo que la Ley y este Reglamento establecen como - de la competencia de la Secretaría de Marina.
IV.- Construír las obras hidráulicas necesarias para la captación y derivación de aguas nacionales tanto superficiales como subterráneas, así como para el — riego, desecación, drenaje y mejoramiento de terrenos.
V.- Intervenir en la conservación de las corrientes, lagos y lagunas, mediante la protección de las cuencas alimentadoras, así como de las obras de corrección torrencial, con la cooperación de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, cuando así sea necesario.
VI.- El estudio de los suelos en relación con el aprovechamiento de las aguas para fines de riego.
VII.- Los estudios geológicos relacionados con la existencia y el aprovechamiento de los recursos hidráulicos.
VIII.- Intervenir en todo lo relacionado con la introducción de servicio de agua potable y de drenaje, con la cooperación de la Secretaría de Salubridad y Asistencia cuando sea necesario.
IX.- Manejar el sistema hidrográfico del Valle de México.
X.- Controlar los ríos y demás corrientes y ejecutar las obras de defensa contra inundaciones y las de navegabilidad.
XI.- Ejecutar las obras hidráulicas que sean consecuencia de Tratados Internacionales, en cooperación con la Secretaría de Relaciones Exteriores."

La Ley de Riegos vigente fué expedida el 31 de diciembre de 1946 y en ella se especifica el objeto de la Ley; la declaración de utilidad pública de las obras de riego, drenaje, el desarrollo de energía hidroeléctrica en las obras de riego; la - colonización de las tierras beneficiadas por las obras y la operación de los Distritos de Riego; la forma de planear y desarrollar las obras; la forma en que los usuarios deben cooperar a la construcción de ellas mediante la cuota de compensación y lo relativo a la colonización y operación de los Distritos de Riego.

Respecto de la Ley de Riegos vigente, en mi opinión, adolece de los defectos siguientes:

a).- No evita la especulación de los propietarios originales de las tierras,— que al fraccionarlos obtienen parte de la plusvalía que corresponde a la Nación por la construcción de las obras.

b).- No evita el acaparamiento de las tierras, pues mediante maniobras o fraccionamientos simulados, se benefician grupos pequeños de personas, en muchos casos. Debe propugnar para que las tierras beneficiadas vayan a los campesinos que realmente las trabajen.

c).- Se nota la falta de normas necesarias para mejorar la operación de las — obras.

Conviene señalar aquí que de conformidad con la Legislación sobre Irrigación,-

los Gobiernos Revolucionarios han seguido los siguientes lineamientos generales de política hidráulica:

Los lineamientos iniciales fueron:

a).- Obras que solo puede ejecutar el Estado.

b).- Preferencia para el aprovechamiento de corrientes internacionales.

Ya para 1948 los lineamientos de la Política Hidráulica fueron:

a).- Aprovechamiento de las aguas en las regiones áridas, semi-áridas y semi-húmedas en el riego de terrenos.

b).- Debe procurarse que antes de usar el agua en riego y aprovechando las mismas u otras obras de captación, se genere la mayor cantidad de energía posible.

c).- El agua de los ríos en las regiones húmedas debe aprovecharse primordialmente en el desarrollo de energía, además del control de avenidas para prevenir inundaciones.

d).- Además de dar agua a sus tierras sedientes, se debe proporcionarla a sus habitantes mediante el desarrollo de obras de agua potable.

e).- Desarrollar, dentro de las posibilidades de la Secretaría de Recursos Hidráulicos obras de drenaje y de defensa contra las inundaciones.

En términos generales, puede decirse que lo anterior describe la política que ha seguido la Secretaría con las siguientes tendencias de la actual Administración:

a).- Tratar de terminar las obras iniciadas.

b).- Efectuar estudios cuidadosos de futuras obras, jerarquizándolas de acuerdo con su importancia.

c).- Intensificar la Pequeña Irrigación.

d).- Intensificar las obras de Agua Potable y Alcantarillado.

e).- Iniciar una política de obras mínimas.

7.- Ley de Ingeniería Sanitaria del 3 de Enero de 1948.

Es una Ley muy concisa, reserva al Gobierno Federal, por conducto de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, la facultad de encargarse de planear, proyectar y ejecutar obras de abastecimiento de aguas en las poblaciones, siempre que estos trabajos se efectúen total o parcialmente con fondos del Gobierno Federal por aval o garantía del mismo.

La propia Ley otorga facultades a la Secretaría de Salubridad y Asistencia y Hacienda y Crédito Público y Bienes Nacionales (actualmente Sria. del Patrimonio Nacional), para intervenir en algunos aspectos de financiamientos.

En diciembre de 1956 entró en vigor la Ley de Cooperación para la ejecución de obras de Agua Potable mediante la cual el Gobierno Federal coopera con inversiones no recuperables equivalentes a la mitad del costo para poblaciones con menos de 30 000 habitantes y un tercio para 30 000 o más.

8.- Ley de Aguas del Subsuelo o Ley Reglamentaria del Párrafo Quinto del Artículo 27 Constitucional.

La Ley vigente es la del 29 de diciembre de 1956.

El antecedente inmediato de esta Ley es la expedida el 30 de diciembre de 1947 la cual fué muy importante porque significó el comienzo de la regularización del - aprovechamiento de las aguas del Subsuelo.

Esta Ley establece que es libre el alumbramiento y apropiación por los dueños de la superficie de las aguas del subsuelo, excepto cuando se afecte el interés público o los aprovechamientos existentes.

Se faculta al Ejecutivo para que en estos casos de excepción y por conducto - de la Secretaría de Recursos Hidráulicos reglamente la extracción y el aprovecha-- miento de las aguas del subsuelo y establezca zonas vedadas a su alumbramiento.

También dispone el registro obligatorio de todas las obras de alumbramiento - de las aguas del subsuelo.

Establece la facultad del Ejecutivo para crear reserva de aguas termales para que el Estado aproveche en la generación de energía así como la preferencia a la - Comisión Federal de Electricidad para el aprovechamiento de las aguas termales.

Asimismo señala la sanción por la violación a la Ley y faculta a la Secretaría de Recursos Hidráulicos para impedir que se efectuen obras y suspendan las iniciadas,así como para ordenar la destrucción de las ejecutadas.

9.- Necesidad de modificar las Leyes Mexicanas en Materia de Aguas.

Actualmente existen diversas Leyes relativas al aprovechamiento de las aguas- superficiales y del subsuelo. Parece evidente que en el momento actual, en que el fuerte impulso de la Revolución Constructora ha impuesto un ritmo acelerado de progreso en el aprovechamiento de los recursos naturales, resulte muy necesario y conveniente establecer una legislación única para todos los aspectos del aprovechamiento de las aguas de Propiedad Nacional y de las del subsuelo, en la que deberán incluírse las obras que ejecute el Estado, las que realicen por concesión los particulares, el aprovechamiento de las aguas del subsuelo, etc.

En mi opinión, las finalidades y tendencias de esa legislación única deben -- ser las siguientes:

a).- En materia de Planeación de los aprovechamientos hidráulicos:

Tomando en cuenta el crecimiento de la población, la escasez de agua y - la necesidad imperiosa de aumentar la producción agrícola, para el mejor aprovechamiento de nuestros recursos hidráulicos, es necesario establecer la planeación por cuencas o regiones económicas como función de la - Secretaría de Recursos Hidráulicos.
Se requiere Unidad de Planeación para la mejor utilización integral de - nuestros recursos hidráulicos en usos múltiples, aún cuando diversas Dependencias ejecutan materialmente las obras, para evitar que intereses - burocráticos unilaterales, perjudiquen al País al pretender desarrollar dislocadamente obras que desperdicien o no aprovechen debidamente dichos recursos.

b).- Las obras de riego, drenaje, bonificación de tierras, agua potable, deben financiarse con fondos fiscales, fondos de cooperación de los Estados y -

cooperación o financiamientos especiales.
Para el mejor desarrollo de los programa de obras que debe ejecutar la - Secretaría, se requiere dar agilidad al manejo de fondos sin perjuicio de la más estricta vigilancia para su correcta aplicación.

c).- En los aspectos de obras de riego construídas por el Gobierno Federal deben perseguirse los siguientes propósitos:

i) Destinar las tierras de los Distritos de Riego a Campesinos auténticos que las hagan producir.
ii) Evitar las especulaciones indebidas de los propietarios originales de las tierras.
iii) Establecer los lineamientos de cooperación de los Bancos y Empresas refaccionadoras en el cobro de cuotas de operación y compensación.
iiii) Perfeccionar la reglamentación de los Distritos de Riego introduciendo las medidas convenientes con objeto de: Responsabilizar a - los usuarios de la conservación de los sistemas secundarios y de - la correcta distribución de las aguas en dichos sistemas; asegurar su cooperación en el establecimiento y sostenimiento de campos experimentales, combate de plagas, conservación de los suelos y el - agua y demás servicios agrícolas.
iiiii) Incluír disposiciones que permitan establecer dentro de los Distritos de Riego, Unidades de explotación ganadera.

d).- En los aspectos de obras hidráulicas que ejecuten los particulares por - concesión, deberán establecerse disposiciones convenientes con los siguientes objetivos.

i) Establecer la preferencia, en igualdad de circunstancias, en favor del mejor aprovechamiento desde el punto de vista de los intereses del País.
ii) Establecer disposiciones que faciliten el trámite y fomenten realmente la iniciativa privada.
iii) Precisar y aclarar el establecimiento y control de vedas y reservas de energía hidráulica.

e).- Respecto de las aguas del subsuelo, la legislación debe modificarse y ampliarse con las siguientes finalidades:

i) Establecer normas para la recarga de los acuíferos en zonas explotadas.
ii) Facilitar el desarrollo de obras para el establecimiento de aprovechamiento de aguas del subsuelo, siempre que no se afecte el interés público.
iii) Establecer medidas adecuadas para el control y vigilancia de la perforación de pozos y explotación de los existentes en las zonas vedadas.
iiii) Incluír disposiciones tendientes a obligar a las compañías perforadoras de pozos a no ejecutar obras de alumbramiento en las zonas - vedadas o reglamentadas, sin que el interesado demuestre disponer del permiso correspondiente.
iiiii) Establecer normas para la creación de Distritos Nacionales de Riego por bombeo.

f).- Establecer normas y modalidades en materia de agua potable y alcantarillado que permitan a las comunidades organizarse en Sociedades de Usuarios, para dotar de servicio de agua, a las poblaciones sin que los planes de desarrollo de las obras se sujeten a períodos gubernamentales.

g).- Establecer todas las demás medidas que se requieran previo el estudio detallado correspondiente.

La construcción de obras de riego para usos múltiples, especialmente el riego, por sí solo no resuelve íntegramente los problemas de la agricultura nacional, se requiere que otras Dependencias con un previo estudio de planeación de conjunto, como la Secretaría de Agricultura y Ganadería, los Bancos Oficiales de Crédito, la Comisión Federal de Electricidad, desarrollen dentro de sus programas generales, actividades y obras en los aspectos siguientes:

a).- En el aspecto agrícola:

i) Establecer el control y conservación de las cuencas hidrográficas mediante las prácticas adecuadas de forestación y conservación de suelos, a fin de alargar la vida de los vasos de captación y, en general, para la mejor conservación de las cuencas.

ii) Estudiar los métodos y prácticas más adecuados, de acuerdo con nuestras realidades topográficas, agrológicas, económicas y sociales, de conservación de suelo y agua y fomentar su aplicación.

iii) Impulsar la fertilización de las tierras formulando planes regionales adecuados semejantes al "Plan Jalisco", que tanto éxito ha tenido para la producción del maíz, y en el cual han colaborado eficazmente con la Secretaría de Agricultura los Agrólogos de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

iiii) Mejorar las prácticas actuales y fomentar:
a, La siembra de leguminosas.
b, La rotación de cultivos.
c, El enterrado de abonos verdes.
d, La introducción de variedades de alto rendimiento.

iiiii) Mejorar el aprovechamiento del agua en riego mediante:
a, Nivelación de tierras.
b, Mejoramiento de canales incluyendo el revestimiento.
c, Reglamentación adecuada.

b).- En el aspecto económico:

i) Establecer sistemas que faciliten la tramitación de los créditos en los Distritos de Riego.

ii) Organizar a los usuarios para que paulatinamente puedan formar sus propias organizaciones de créditos.

c).- La Comisión Federal de Electricidad debe cooperar con la Secretaría de Recursos Hidráulicos para desarrollar las obras hidroeléctricas que resulten necesarias en la planeación por cuencas.

Bibliografía.- Copia Bula Alejandrina.(1493)
Recopilación de Indias.(1396)
Ley de Aguas(1888,1894,1896,1910,1929,1934)
Ley de Riegos(1926,1946)
Ley de Ingeniería Sanitaria(1948)
Ley de Aguas del Subsuelo (1947,1956)
Proyecto Ley Federal Aguas.Ing. Antonio Rodríguez L. (1955)
Panorama Hidráulico de México. Ing. Antonio Rodríguez L. (1960)

1273 S - Nov.1962 - 600

E/CONF.39/A/209
30 Oct.1962
ORIGINAL : ENGLISH

UNITED NATIONS CONFERENCE
ON THE APPLICATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
FOR THE BENEFIT OF THE LESS DEVELOPED AREAS

Agenda Item: A. 3. 1. 1

Economic Commission for Europe

EVALUATION OF EXISTING HYDRAULIC RESOURCES AND REQUIREMENTS

By The Energy Division
of the Economic Commission for Europe

Papers have been contributed to the United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas as working papers for that Conference. They are published as presented by the contributors, and the contents and the views expressed are those of the contributors. (See notes overleaf.)

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.

3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

EVALUATION OF EXISTING HYDRAULIC RESOURCES AND REQUIREMENTS

(Report of the Energy Division of the Economic Commission for Europe to the United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the less-developed Areas)

I. Introduction

1. Adequate reserves of water are essential to civilized living. Although water supply, like electric power, is a basic public utility, even a rough evaluation of national resources and needs in this field is a task of the greatest difficulty in most countries. In part this is due to inherent difficulties of survey and measurement; in part to the fact that systematic observing and recording on a national scale are too often a recent development; and, finally, because of the frequent division of responsibilities for measurement or for water supply itself between several quite distinct authorities or even a multiplicity of local undertakings.

2. In a short paper it is possible only to concentrate on essentials. The analysis which follows is concerned with steps which may be taken and methodological principles involved in gaining a first rough but comprehensive sketch of the hydraulic resources of a country - including a broad idea of its potential water economy and of the possible evolution of requirements - where stream-flow records exist for a portion of the area only and are inadequate in duration; where knowledge of the present scale of different water requirements is meagre; and where their likely rates of increase are largely unknown. The purpose of such a preliminary sketch is thus to arrive,in advance of adequate data, at the broad geographical distribution of hydraulic resources; the location of hydro power potential; and the order of magnitude of needs for the various uses and their possible development - the whole providing at best a rough idea of the relationship between resources and requirements and a pattern for the planning of power supply and location of industry. There are thus two sorts of inquiry to envisage - a physical appraisal and an economic inventory.

II. The Physical Assessment

3. This ought to comprise as a minimum an assessment of:

- estimated mean annual surface runoff (m^3, m^3/s and $l/s/km^2$) for a breakdown of catchment areas extending throughout the country;
- average monthly values for the above or for principal catchment basins;
- year-to-year fluctuations in a selection of monthly records, i.e. the range and frequency of departure from average values;
- the range of inter-basin diversity in departures from mean flow conditions at a given time;
- the mean energy potential in each basin as defined by its stream flow and mean elevation.

4. For each of the above catchment basins it is thus necessary to establish an average elevation above mean sea level and the elevation of the point at which runoff is defined. The best available topographical maps at medium scales are therefore required.

(a) Stream-flow and runoff assessment

5. Where flow data are inadequate catchment basins may conveniently be classified in three groups (categories 1 - 3 respectively), i.e. those for which river stage records allow stream flow data to be determined over, say, ten or more consecutive years; those for which this can be done for between, say, four and nine years or for which incomplete series can be supplemented by comparison with other records in the same area; and those for which stage records cannot yet be converted or for which they do not exist.

6. To deal with category 3 and possibly part of category 2 it is necessary to have access to the most detailed available map showing at least mean annual precipitation by isohyets and also mean monthly precipitation records for as wide a range of gauging points as possible. A geological map or equivalent information is also required.

7. The object of the analysis of these data is to compute mean runoff data (m^3, m^3/s and $l/s/km^2$) where it is lacking from a comparative study of all basins where mean precipitation and mean runoff depth in mm can be compared, the object being to ascertain the distribution and characteristics of the runoff deficit and the pattern of distribution of precipitation, evapo-transpiration and seepage for the region concerned from careful comparison of salient patterns and relationships.

8. It is unnecessary to describe such an analysis in detail here. References (1), (2) and (3) give some information on the application of such indirect and approximate methods to determine a preliminary view of the distribution of mean annual runoff and power potential throughout Turkey (for 92 catchment areas) and Greece (for 68 catchment areas). All basic data available at the time were brought together and analyzed for the purpose. From the results of such an analysis a comprehensive though very preliminary idea may be gained of the surface runoff and (by addition of data for separate catchments within a basin) the main stream-flow distribution. In the case of Turkey for example, only 25.5 per cent of the total area was covered by category 1 data at the time of the study. Where karst conditions exist (as in the above cases) a good deal of light may be thrown on the nature of the underground outflow by such comparative studies.

(b) Mean seasonal flow regime and its range of variation

9. The above method depends on the fact that, with the exception of gauging at high elevations, precipitation records and maps are usually more abundant and extensive than those for stream flow. To supplement monthly data from flow records by comparative study, aided by precipitation data, so as to obtain an approximate idea of the seasonal flow distribution in different regions is often possible and has been described in standard texts (4). It is desirable that consecutive series over a reasonable period (10 or more years) be available for at least some typical seasonal regimes in well-distributed basins so as to allow a range of modular coefficients about the mean as 100 to be established and curves drawn of the annual distribution of runoff throughout the year. A good deal of useful information can also be deduced from duration curves plotted as shown in Figure Ia. If such curves can be produced giving flow frequency throughout one mean year the duration and the volume of flow below the mean annual value and the level of the median yearly flow can be compared for different streams.

10. One practical purpose of this type of information is to throw light on the needs for regulation by reservoir storage. A useful step towards an understanding of this question can be obtained by calculating from monthly data, where these exist, indices of average within-year irregularity (C_r coefficients). This coefficient is defined as the average ratio (calculated at least over a few years) between the reservoir capacity needed to equalize the annual flow and the volume of annual flow. Its value, which commonly varies between around 0.05 and 0.35, can be mapped by isopleths and is then very instructive (5). It may well be used in conjunction with a map, obtained by interpolating isopleths between individual values for the different catchments, of mean annual specific runoff in $l/s/km^2$.

11. Reference has been made above to the important question of determining the frequency of occurrence of different rates of flow for corresponding periods over a given number of years. This is ultimately the basis from which the probability of occurrence of dry, normal or wet periods is assessed. Wherever observations exist over a period of the order of 20 years it is possible to compare different flow records by plotting series of values (for individual months on separate graphs) on logarithmic and probability scales of the type shown in Figure Ib (the example refers to two sets of six-monthly modular coefficients). To the extent that the series follows a normal distribution (in the statistical sense) it will approximate to a straight line. Such a diagram resembles a duration curve but allows the probability of different levels of occurrence of stream flow to be visualized and compared for different basins.

(c) Range of inter-basin diversity in departures from mean seasonal flow at a given time

12. This question is of importance if the region concerned is sufficiently large and topographically diversified for the timing of year-to-year fluctuations in precipitation to differ substantially in different parts of the area. Figure II shows the pattern of diversity in stream flow in Europe during two successive half-yearly periods, expressed by modular coefficients relative to the twenty-year averages for the summer and winter half-years as 100. Any such diversity which may exist is of practical importance from various points of view - for example, in allowing output from interconnected hydro power plants to complement one another and improve overall security of supplies of electric energy. It is evident, however, that the frequency of occurrence of departures from normal conditions should be known.

13. The Committee on Electric Power of the Economic Commission for Europe, through its Group of Experts for the Study of Hydro-electric Resources in Europe and their Utilization, is occupied with this question. It already issues a regular Half-Yearly Bulletin on Conditions of Hydraulicity in Europe and in which monthly, six-monthly and yearly data, and maps similar to those in Figure II, show flow conditions relative to corresponding 20-year averages. It has also adopted definitions of very wet, wet, normal, dry and very dry years. These are defined respectively according to the percentage distribution of flow values when these are arranged in order of frequency as shown in Figure Ia (bottom scale). Such a classification may be used to express indices such as are shown on Figure II in terms of their frequency if the frequency distribution of modular coefficients is known.

14. Other methods of analyzing the probability of levels of year-to-year inter-basin diversity are available. The question can, for example, be studied by calculating coefficients of correlation between rank-order values of flow frequency in different basins and one chosen as standard. This is illustrated in simple form in Table 1, where Spearman rank-order correlation coefficients are employed. Such coefficients may also be mapped by isopleths. Another more sophisticated

method of expressing and mapping inter-regional diversity is also available and is in course of being worked out for a study in progress (under the work programme of the Group of Experts referred to above) covering basic seasonal characteristics of the hydro-electric potential of Europe's water resources and their diversity from year to year.

(d) Energy potential of hydraulic resources

15. The physical potential of the stream flow in different river basins of a region should also be established and mapped, at least in its main outlines, to throw light on the sources of hydro-electric power. A fixed upper limit to the usable potentiality of a basin is that given by the gross surface hydro potential. This has been defined by the Group of Experts referred to above as follows. Gross surface potential in 10^6 kWh/year for a given catchment area is given by the formula:

$$\frac{FH}{367}$$

where F = mean annual runoff originating in the catchment in $10^6 m^3$; and H = mean elevation (in m above mean sea level).

16. It is evident that this mean annual surface potential (and also the mean seasonal potentials if desired) can be determined from the data worked out above for the largest possible number of unit catchment areas. To map the geographical distribution it is necessary to plot each separate value (expressed in kWh/m^2) at the centre of the unit of area to which it applies and then to interpolate isopleths at a convenient interval (Figure III).

17. Because it remains constant (apart from errors in the runoff assessment) this gross surface potential defines a fixed upper limit to hydro-electric resources against which changes in the conception of exploitable possibilities may be compared. The aggregate exploitable potential in kWh, after taking into account losses of head, flow, incomplete utilization of generating capacity and other limiting factors, commonly amounts to an overall average of around 20 per cent of the gross value in various European countries under present conditions, though in suitable cases the portion found economically usable may be much higher.

18. It is unnecessary to discuss here in detail the refinements of this type of survey. The European distribution of gross annual surface potential has been worked out and mapped under the work programme of the Group of Experts for Study of Hydro-electric Resources in Europe and the results, plus a detailed account of the methodology, will be found in reference (6). References (1) and (3) also describe the work entailed in applying this concept to determine rapidly the order of magnitude of hydro resources in regions where information is scanty.

19. Specifications for carrying out an equally comprehensive but more detailed evaluation to determine the distribution of hydro-electric potential along each individual watercourse have also been worked out. These give a gross or net river potential. The latter approximates to the upper limit that is technically (but not necessarily economically) exploitable (7). It assumes, however, the existence of suitable stream-flow data and is therefore likely to represent a later stage in the evaluation, or to be confined to certain basins only. The characteristics of various successive types of hydro resource evaluation will not be dealt with here in detail since they may be studied in reference (6) already referred to.

20. Methods for expressing and comparing the economic feasibility of hydro-electric projects under particular national conditions have been worked out (see for example,

references 8 and 9). In any case it is normally useful to compare information about existing hydro plants and any projected schemes with the results of theoretical evaluations of the type referred to above. The foregoing analyses provide in principle (and in addition to rapid assessments on the ground) a good deal of information for considering water storage possibilities and requirements and may well offer indications as to where any feasible multi-purpose schemes might be envisaged.

21. Before turning to the economic inventory proper it should be stressed (with respect to frequency and diversity for example) that only the barest outline of a methodology has been given above. Some of the methods outlined may also be inapplicable at the outset. For lack of space many problems and possibilities have been neglected. Various aspects of the actual or planned development of hydro power in European countries, and rates of harnessing of the unexploitable resources, may for example be studied in reference(10).

III. The Economic Inventory

22. The methods outlined above are those which have been applied in concrete cases to ascertain, rapidly and throughout entire countries, the approximate total distribution of the available water resources, and the water power potential associated with them, where no such comprehensive picture has existed previously and where normal data have been insufficient for such a purpose. Assuming now that the average total supply emerging as surface runoff is very approximately known (ground water stored as a reserve has not been specifically discussed) it is time to consider the inventory of requirements, again from the point of view of basic methods of approach.

23. The analysis of water needs is a complex matter and could obviously occupy a lengthy report in itself. For the present purpose needs may be taken as those, mainly for consumptive use, for domestic, commercial, small industrial and service requirements in urban and rural areas; those required for use by industry, including power supply; and those required for irrigation and agriculture generally and for canalised water transport.

24. All these uses involve losses or deductions. Use by industry, which is mainly for cooling and processing, comprises a large but very variable percentage of internal recycling - amounting to some 40 per cent or more overall - and a certain amount of consumptive use. Recycling also exists in the sense that some supplies may be used again and again for different purposes along a section of watercourse. The amounts of water actually in circulation in industrial plants should tend to vary with the volume of production while the development of recycling appears to be very variable from case to case and area to area (its development so far appears often to be roughly in proportion to the cost and availability of supplies) and is thus difficult to evaluate. Effective consumption by industries may be taken as the difference between the quantities deducted in a given period (from surface or underground sources) less the amounts rejected.

25. Where all main water-using industries are represented industrial census figures seem to show that around 80 per cent of total industrial use is accounted for by a few predominant groups - basic metals, including the steel industry; chemicals; pulp and paper; and coal and petroleum (11). Use of cooling water by power plants is in a different category but on the basis of water in circulation it accounts for something like double the amount in use by all other industries in various industrialized countries where thermal power plants predominate in the electricity supply. Of the remaining needs for water those for irrigation include losses

which, in moderate latitudes, may vary between about 20 and 50 per cent depending on the use made of high-efficiency techniques and the proportion of semi-arid land. Requirements to maintain canalised navigation allow for losses - i.e. due to the difference between evaporation and precipitation; to seepage into the water table; and to losses at locks which are in fact transferred to adjoining sectors.

26. The question of the yearly regime of water requirements and their various peaks is of importance, not only in hydro power plants where the question of regulation is paramount, but also in virtue of the fact that requirements and losses in various sectors may be at a maximum at low-water periods (12).

(a) Appraisal of total requirements at a given time

27. Expressed in m^3/year per inhabitant, gross consumption of water of drinking quality for domestic, municipal and related uses commonly varies considerable in different aras of a country in accordance with size of communities and density of population. While it may be well under 50 m^3 in rural areas consumption may amount to three times that figure in highly developed European cities of around 500,000 inhabitants. The requirement of the total domestic sector may be broadly evaluated on that basis from sample inquiries in different areas of supply. It is, however, necessary to take into account the percentage of population served by public supply. Losses are commonly taken to amount to something of the order of 20-25 per cent of gross requirements.

28. Total industrial needs must be roughly evaluated from sample inquiries or from special questions included in an industrial census, plus an application of data on specific needs per unit of product. Ideally, withdrawals in a given period less discharges would give effective consumption and it is desirable to have estimates for quantities in circulation. In fact, any assessment must probably be highly approximate. Data which exist for various industrialized countries show very wide variations in actual requirements per unit of product and in use of recycling (11).

29. Water for irrigation and agriculture generally serves in temperate latitudes to reduce irregularities in production as well as to extend the land under cultivation. Requirements may be estimated broadly in terms of irrigated area, rates of evapo-transpiration and overall efficiency of water use.

30. Water needs to maintain the levels of navigable canals and other artificial water storage installations can be evaluated from a knowledge of their length and average specifications, plus estimates of annual losses per unit of length for seepage, evaporation, etc. The importance of this type of requirement in the total must vary widely from case to case.

(b) Evaluation of future needs

31. Methods of projecting the future development in water requirements resemble in various respects those used in estimating consumption needs for other public utilities and for energy needs in general. Some of the principles set out in the companion report on evaluation of foreseeable energy requirements (13) thus prove useful in the present field also.

32. The needs for water of drinking quality by the total "public supply" sector referred to above (domestic and allied category of consumers) can be forecast for the medium term by applying to the projected population, increases expected in specific consumption less any reduction in losses. Urban and rural populations may be treated separately so far as possible because of the need to allow for

extensions of supply to new consumers. Study of levels of use per inhabitant in more industrialized countries may give indications of the likely trend in per capita use for this purpose.

33. Most of the industrial requirements are not for consumptive use but rather act to modify and reduce the quality of the water discharged from the installation. Moreover, some of the withdrawals from underground sources are rejected into surface supplies. In some sectors, as for thermal power plants, specific requirements may be reduced somewhat by technical progress while in others they may rise steeply. In general, total industrial needs may be projected on the basis of the expected trend in industrial production. Development of recycling appears to depend somewhat on water cost and availability and this aspect must therefore be treated with reference to local conditions. Trends in other more industrialized countries may provide useful indicators of the long-term development in industrial needs. In general, estimates for such countries tend to assume degressive rates of growth for this particular type of water use.

34. The other requirements, mainly for irrigation and possibly for maintenance of artificial waterways, may be estimated in the one case by reference to plans for extention of irrigated areas; and in the other by reference to projects for extending canal systems, any changes in the factors mentioned earlier being taken into account in the process.

35. Forecasts of the evolution of total requirements for different countries differ rather widely in their growth rates and in levels of use per inhabitant. An example of a forecast of total withdrawal requirements for France up to 1970 is shown in Table 2. This may be taken as an example of a consolidated assessment of all main requirements other than those of hydro-electric plants, which (apart from evaporation from reservoirs) merely utilize available supplies without changing their quality or quantity to any great extent.

36. In the main, the methods available for projecting hydraulic needs are seen to be those included in the third and fourth of the types of method discussed in the companion report on energy forecasting methodology, plus some possible use of the second type where industry is concerned. It is instructive to compare the problems and methods confronting the projection of needs in these two fields.

IV. Comparison of Resources and Needs

37. From various procedures of the type outlined above it may be possible, though by no means easy, to arrive at some rough preliminary conspectus of water resources and main needs on a comprehensive basis long before sufficient stream flow and other data have been accumulated to make a full analysis possible. When the apparent total requirements for water are compared with the available surface runoff for an entire country, plus any probable ground water reserves, it may appear that there remains a wide margin of surplus between the two. The essential problems which emerge may well be posed rather differently: How far may supplies suffice in particular areas of low availability and a possible high peak demand? To what extent can the different requirements - for flow regulation, power supply and irrigation, for example - be harmonized in an economic way? Rapid preliminary but comprehensive surveys of water resources are capable of throwing light on such questions. They have in practice proved useful also in aiding the setting-up of a comprehensive network for stream flow recording at strategic sites and for planning basic research and the regular assembly of relevant data.

LIST OF BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

1. Hydro-electric Potential in Europe and its Gross, Technical and Economic Limits: Extension of the General Study to Turkey. (Doc. E/ECE/EP/131/Add.1); United Nations, Geneva (1955).

2. A.J. Dilloway: Assessment of Hydro-electric Potential in Regions Subject to Rapid Economic Development. Fifth World Power Conference (Section B), Vienna (1956).

3. Assessment of Gross Surface Hydro-electric Potential for Greece. (Doc. No. ST/ECE/EP/6); United Nations, Geneva (1960).

4. A. Auberson: Torrent de l'Arvan. Etude à priori du régime des débits. La Houille Blanche, Grenoble (January, 1952).

5. Specifications for Construction of an Index of Stream-flow Irregularity and for Mapping its Geographical Distribution. (doc. E/ECE/EP/205) United Nations, Geneva (1959).

6. The Geographical Distribution of Gross Surface Hydro-electric Potential in Europe. (doc. ST/ECE/EP/10); United Nations, Geneva (1961).

7. Approved Specifications for Determining Gross River Hydro-electric Potential, (doc. E/ECE/EP/204), United Nations, Geneva (1959).

8. M. Rousselier: L'inventaire total des ressources hydrauliques comme base des plans généraux de développement; Sectional Meeting of the World Power Conference, Rio de Janeiro (1954).

9. Directives pour l'étude comparative de la rentabilité d'avant-projets d'usines hydrauliques; Association Suisse pour l'aménagement des eaux, Berne (1949).

10. The Situation and Prospects of Europe's Electric Power Supply Industry in 1960/61. (Doc. ST/ECE/EP/11); United Nations, Geneva (1962).

11. G.F. White: Industrial Water Use. Geographical Review, Vol. 50 (July 1960). This article includes an extensive bibliography.

12. Darlot, Darves-Bornoz & Perrin-Pelletier: Les besoins en eau d'une nation industrialisée; Annales des Mines, Paris (January 1962).

13. Evaluation of Foreseeable Energy Requirements. Report of the Energy Division of the Economic Commission for Europe submitted under Point A.4.1.2.

Additional references not referred to in the text:

14. Water for Industrial Use. (doc. E/3058). United Nations, New York (1958).

15. Half-Yearly Bulletin on Conditions of Hydraulicity in Europe. (Vols. 1 - 3, 1959 - 1962), United Nations, Geneva.

16. T. Berglund & S.O. Larsson: Gross Mean Hydro-electric Potential in Sweden. Swedish State Power Board, Stockholm (1959). This study employs methods outlined in the paragraphs 15-18 of the present report.

17. Austrian Hydro-Power Register: Gross River Potential. Ministry of Trade and Reconstruction, Vienna (1960). This survey provides an example of a national inventory of river potential on the lines discussed in paragraph 19.

Table 1

Rank-order correlation coefficients, (for both winter and summer half-years over a common 30-year period) in respect of the Rhine at Bâle and certain other selected river basins in Europe

River, gauging point and approximate distance from Bâle	Coefficient of rank-order correlation with Rhine at Bâle (1)	
	Summer half-year	Winter half-year
1	2	3
A. Within 500 km		
Danube (Hofkirchen)	0.821	0.841
Rhône (Porte du Scex)	0.537	0.801
Meuse (Visé)	0.742	0.710
Durance (Mirabeau)	0.548	0.338
B. 500 - 1000 km		
Garonne (Mas d'Agenais)	0.537	0.443
Sava (Sr. Mitrovica)	0.340	0.632
Tevere (Roma)	0.807	0.509
C. 1000 - 1500 km		
Duero (Villachica)	0.337	0.522
Drina (Zvornik)	0.351	0.587
Mondego (Coimbra)	0.443	0.453
D. Over 1500 km		
Dnieper (Dnepropetrovsk)	0.317	-0.034
Vuoksi (Imatra)	0.232	-0.084
Kemi (PetKjÄskoski)	0.009	-0.233
IndalsÄlven (Östersund)	-0.211	-0.128

(a) Values express Spearman's coefficient of rank-order correlation over a standard 30-year period, i.e. from the formula:

$$1 - \frac{6\sum(d^2)}{N(N^2 - 1)}$$

where d = differences between corresponding rank-order values and N = the number of values in a series. For a standard period this expression can be reduced to a very simple form.

Table 2

Projected development of requirements for water (1955 - 1970)[a] in an industrialized country in temperate latitudes (France)

Categories of Use	1955 (population 43 million)			1970 (population estimate 49.1 million)			
	Actual needs			Projected needs			
	10^9 m^3/year	m^3/inhabitant per year	As percentage of total	10^9 m^3/year	m^3/inhabitant per year	Index for col. 6 (col.3 = 100)	As percentage of total
1	2	3	4	5	6	7	8
Domestic sector[b]	1.9	75	9.5	4.0	80	106	12
Industry (in circulation)	(10.4)	(240)	-	(23.0)[c]	(470)	-	-
Industry (withdrawals)	6.5	150	34.0	14.0[d]	290	193	41
Irrigation and agriculture	10.0	230	50.0	14.5	400	174	43
Canal navigation	1.3	30	6.5	1.5	30	100	4
Total withdrawals	19.7	-	100.0	34.0	-	152	100

(a) Based on material in reference (12).

(b) Includes municipal needs etc. (drinking water quality).

(c) Of which 16.0 for electric power plants (3 for nuclear plants) with 31 per cent recycling and 4.5 for the steel industry (65 per cent recycling).

(d) Of which 11.0 for electric power plants and 1.6 for the steel industry.

Figure I a

EXAMPLE OF DURATION CURVE
(SUMMER AND WINTER PERIODS ONLY)
TO STANDARD ARITHMETIC SCALE

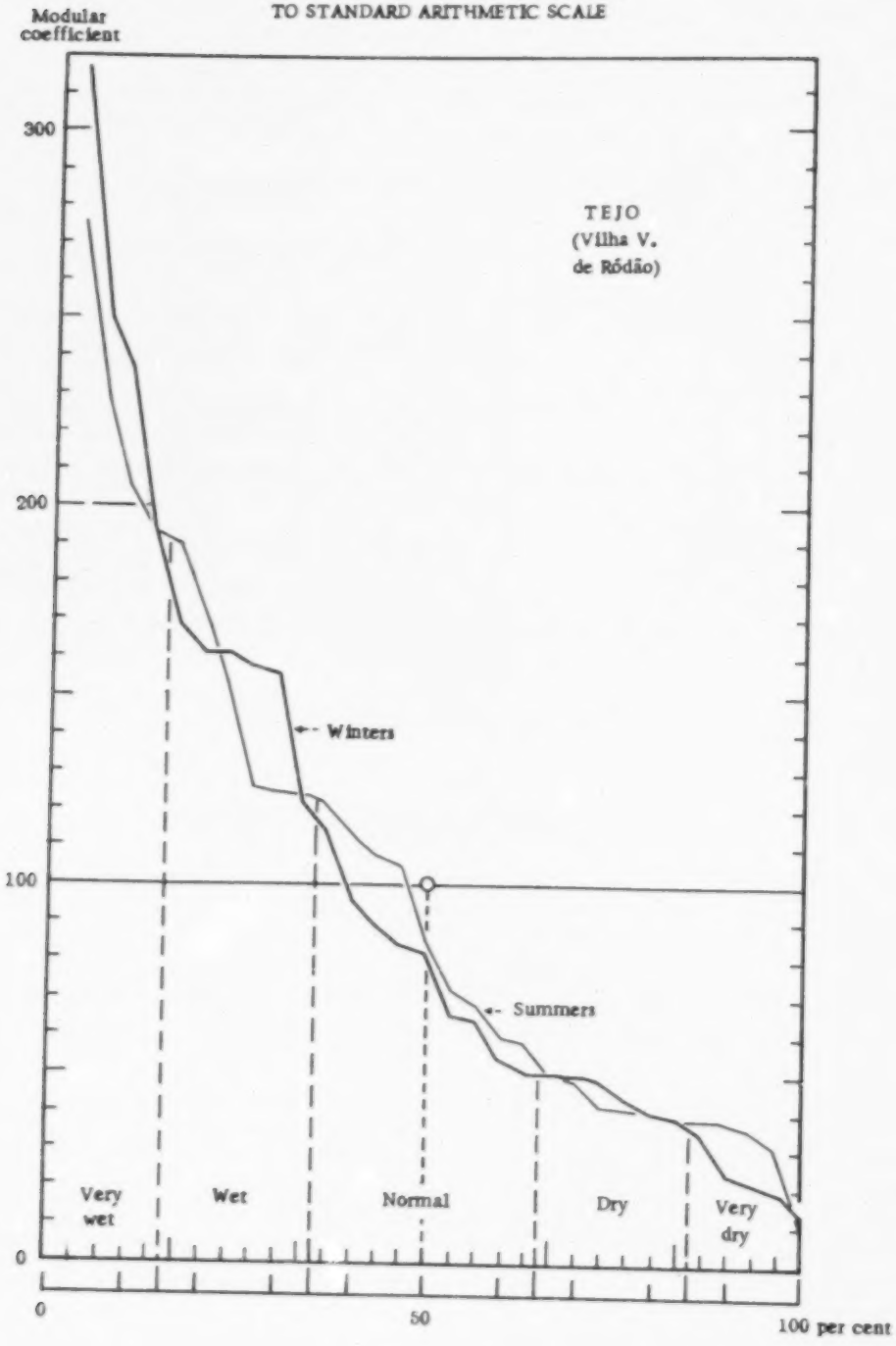


Figure Ib

FREQUENCY / PROBABILITY DISTRIBUTION OF SUMMER AND WINTER HALF-YEARS
FOR SELECTED RIVER BASINS OVER 30-YEAR PERIOD
(logarithmic and probability scales)

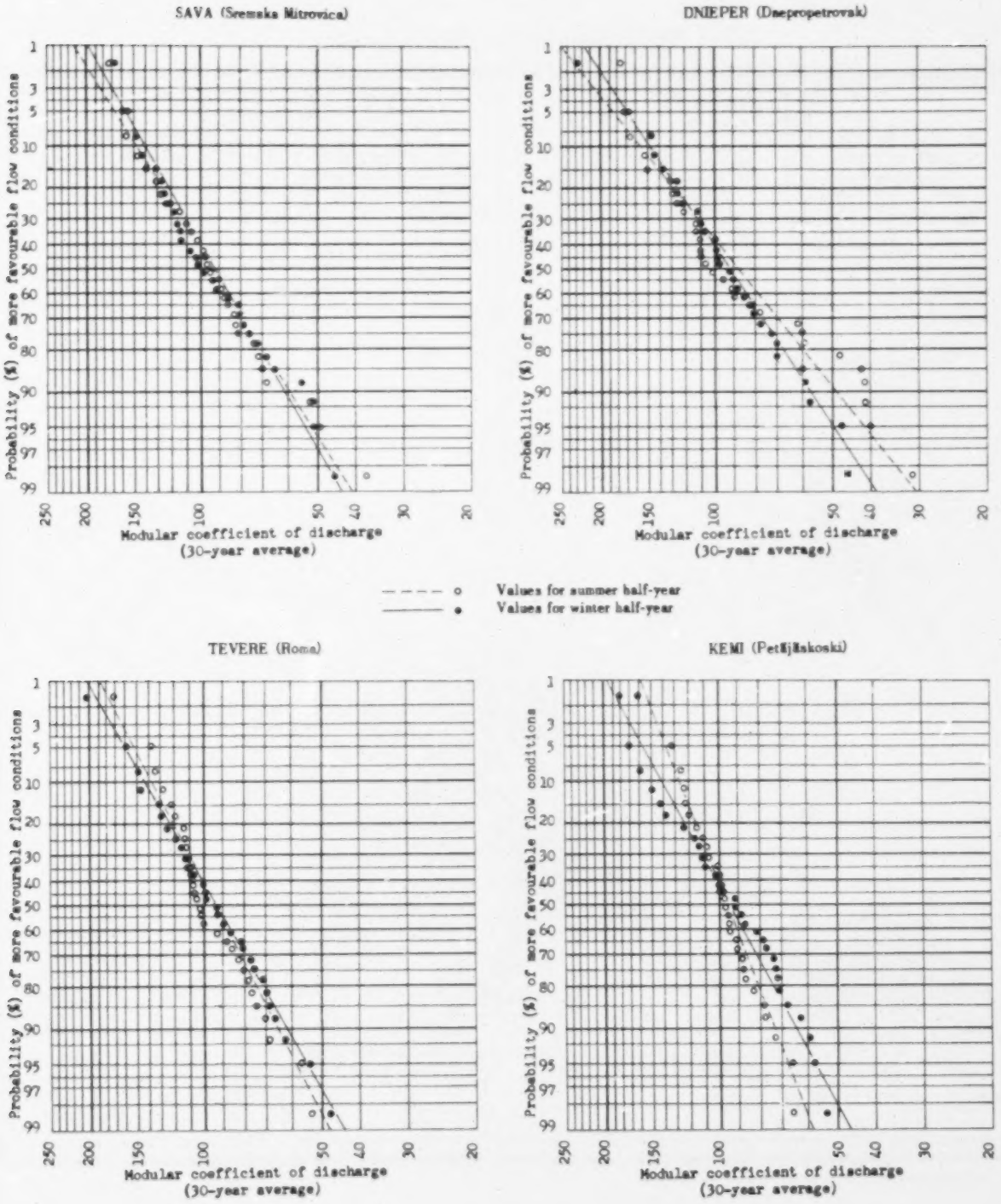
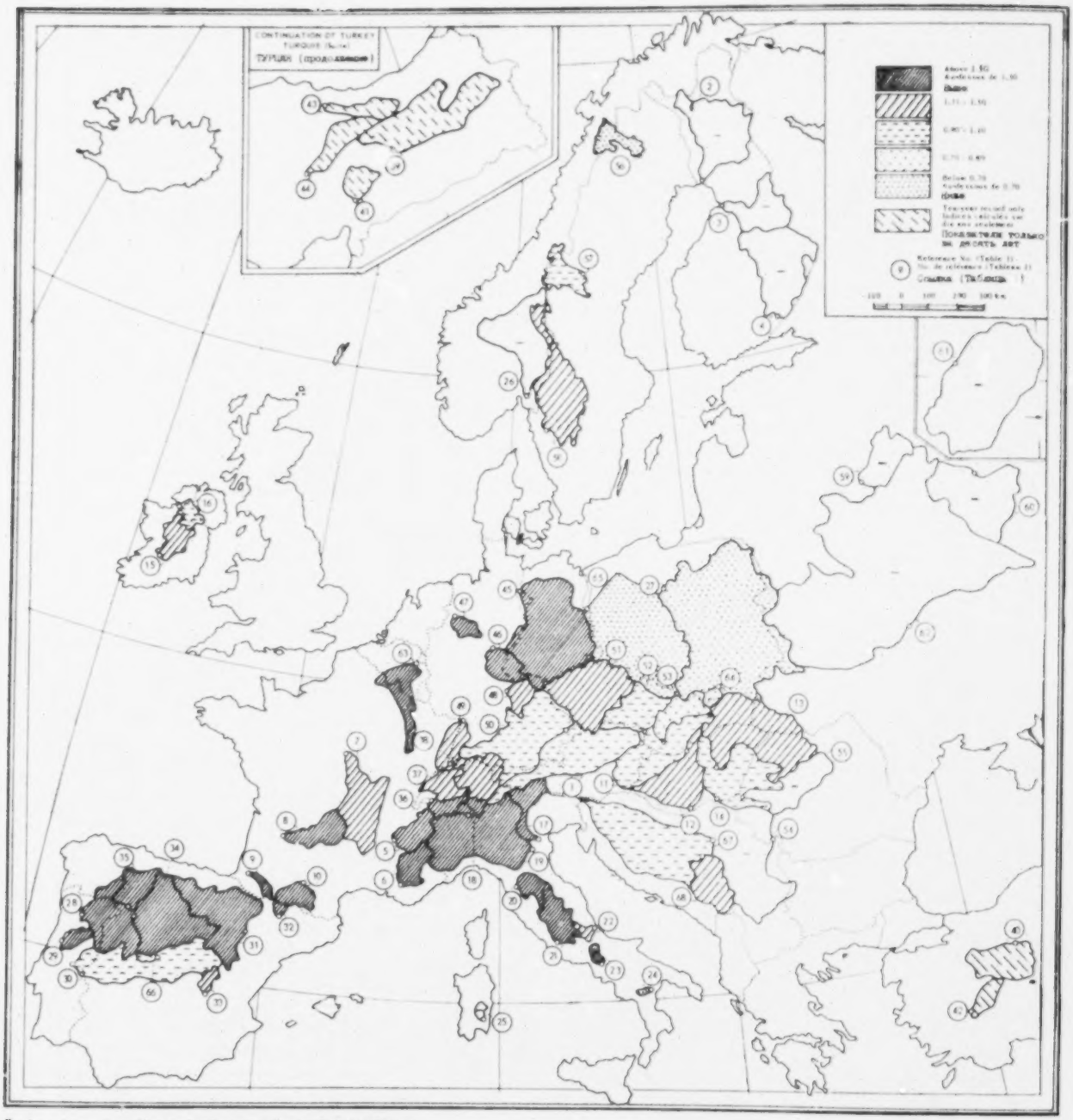


Fig. II - Fluctuations in hydraulic conditions in Europe, relative to the long-term average, over the period October 1960 to September 1961

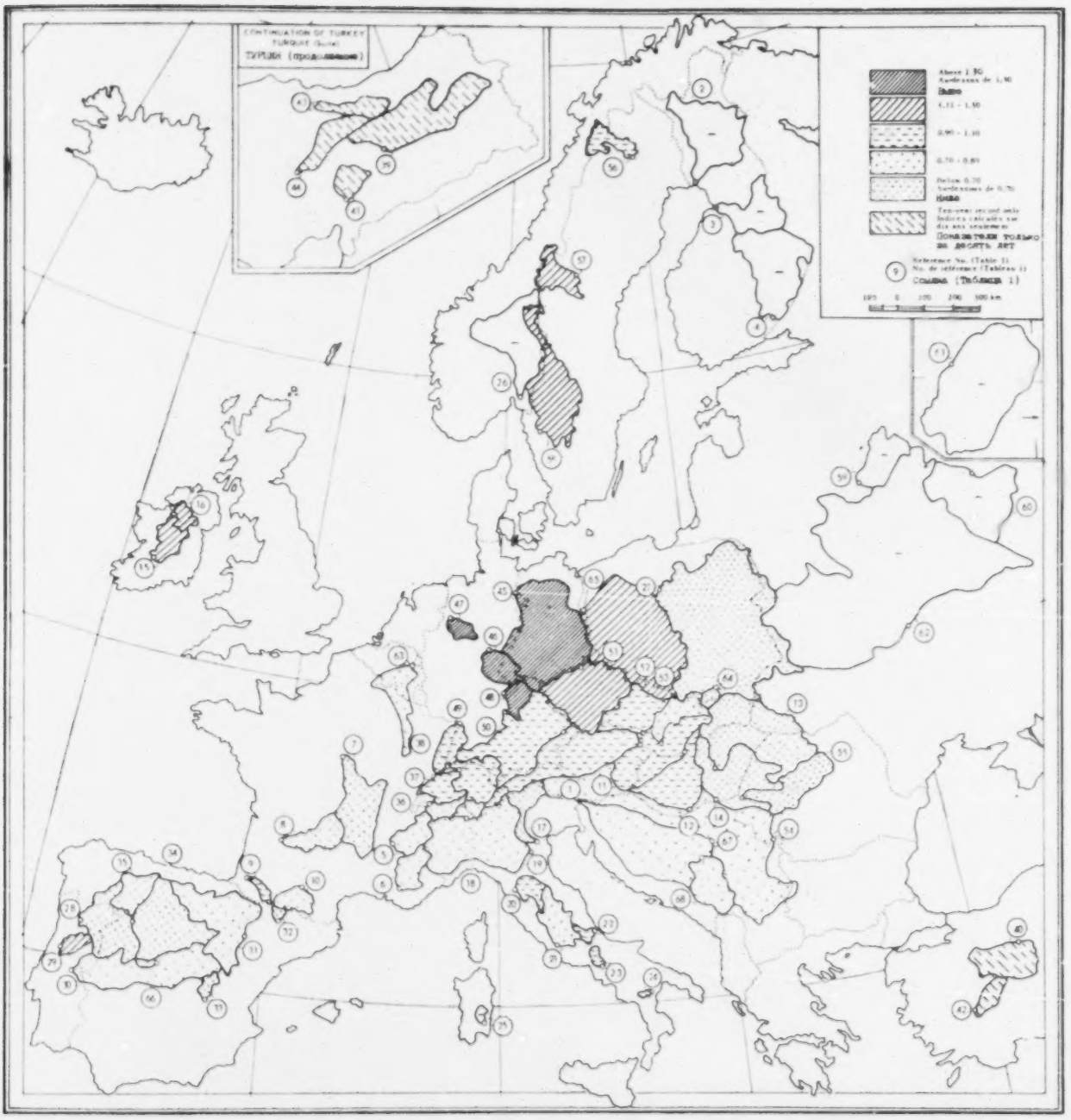
OCTOBER 1960 - MARCH 1961



Boundaries shown on this map do not imply endorsement or acceptance by the United Nations

Fig. II - Fluctuations in hydraulic conditions in Europe, relative to the long-term average, over the period October 1960 to September 1961

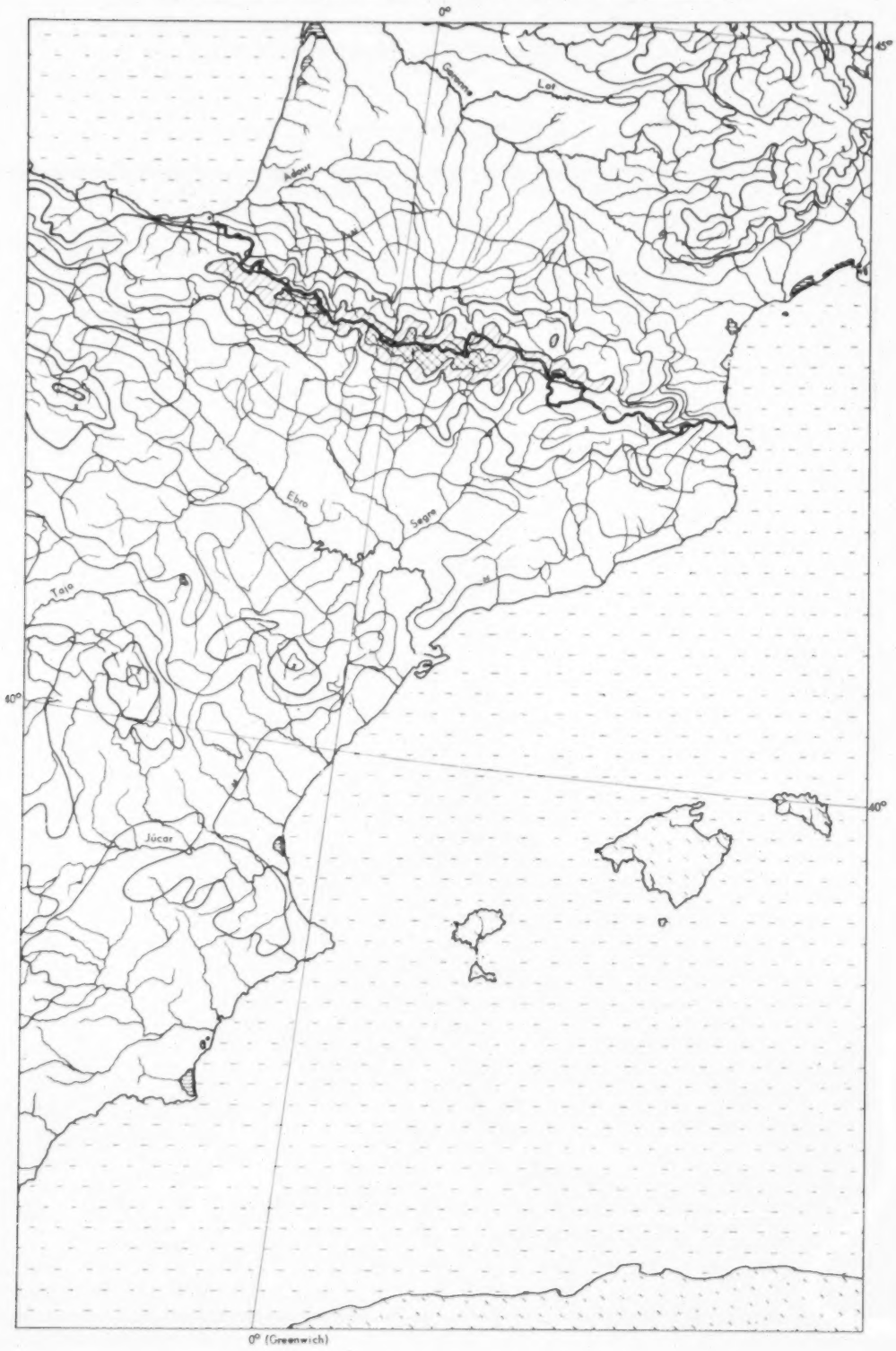
APRIL - SEPTEMBER 1961



Prepared by United Nations Economic Commission for Europe

FIGURE III

EXAMPLE OF MAP SHOWING GROSS SURFACE HYDRO-ELECTRIC POTENTIAL BY ISOPLETHS



1461 E - Nov. 1962 - 1,600